

ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ  
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI

# ЗБОРНИК РАДОВА

II САВЕТОВАЊЕ

ИЗЛАГАЊЕ ЗРАЧЕЊУ ИЗ ПРИРОДНЕ СРЕДИНЕ И  
ПРОЦЕНА ОДГОВАРАЈУЋЕГ РАДИЈАЦИОНОГ  
РИЗИКА



Крагујевац

6-8 октобар 1986



2 100-7  
ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ  
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI

# ЗБОРНИК РАДОВА

## II САВЕТОВАЊЕ

ИЗЛАГАЊЕ ЗРАЧЕЊУ ИЗ ПРИРОДНЕ СРЕДИНЕ И  
ПРОЦЕНА ОДГОВАРАЈУЋЕГ РАДИЈАЦИОНОГ  
РИЗИКА



Крагујевац

6-8. октобар 1986.



ORGANIZATORI SEMINARA

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

u zajednici sa

PRIRODNO-MATEMATIČKIM FAKULTETOM

UNIVERZITETA "SVETOZAR MARKOVIĆ" - KRAGUJEVAC

Kragujevac, 6 - 8. oktobra 1986.

ORGANIZACIONI ODBOR

Dr Petar Marković - predsednik

Dr Djurdja Horvet

Dr Anica Bauman

Dr Peter Stegner

Dr Radoslev Radovanović

Dr Djordje Bek-Uzarov

Dr Vukašin Radmilović

Dr Todor Anovski

Dr Radmilo Kljajić

TEHNIČKI ODBOR

Mr Dragoslav Nikezić

Dragana Kostić

Andjelka Savić

Dragan Milosavljević



Ovaj Zbornik predstavlja kolekciju radova saopštenih na Drugom savetovanju "Izlaganje zračenju iz prirodne sredine i procena odgovarajućeg radijacionog rizika" održanom od 6 - 8. oktobra 1986. godine u organizaciji Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja i Prirodno-matematičkog fakulteta - Kragujevac.

Materijal štampan u ovom Zborniku je u celosti onakav kakvim su ga predali autori radova. Mišljenja, pogledi i stavovi izneseni u radovima su samih autora i nije obavezno da su istovetni sa mišljenjem, pogledima i stavovima organizatora Skupa.

Organizator Skupa duguje posebnu zahvalnost Osnovnoj zajednici nauke regiona Šumadije i Pomoravlja za finansijsku pomoć oko štampanja Zbornika.

REDAKCIONI ODBOR



# S A D R Ž A J

Strana

## Sekcija 1

### REZULTATI MERENJA JAČINE EKSPOZICIONIH DOZA

1. M. M. Ninković, J. J. Raičević, S. Glodić  
Post-černobilska evolucija jačine ekspozicione  
doze na lokaciji "Vinča" i teritoriji Beograda 1
2. Š. Fazliu, H. Morina, F. Rečica  
Ekspozicione i integralne doze gamma zračenja izme-  
rene u toku meseca maja, odnosno maj-juni 1986. g. 15
3. P. Marković, D. Kostić, D. Nikezić i S. Milojević  
Merenje jačine ekspozicione doze u Kragujevcu i  
okolini u toku meseca maja 1986. godine 27

## Sekcija 2

### KONTAMINACIJA ŽIVOTNE SREDINE IZAZVANA ČERNOBILJSKIM AKCIDENTOM

4. I. Bikit, J. Slivka, M. Vesković, L. Marinkov,  
Lj. Conkić, M. Terzić i Z. Skrbić  
Prostorno-vremenska varijacija koncentracije  
aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{134}\text{Cs}$  u prirodnoj sredini  
SAP Vojvodine nakon akcidenta u Černobilju 33
5. T. Anovski, L. Nikolovska, D. Nedelkovski,  
M. Adamov  
Zgolemana radioaktivna kontaminacija na životnata  
sredina vo SR Makedonija uslovena od černobilskata  
havarija . . . . . 41
6. Fatić Dragica, Smiljanić Radmila  
Sadržaj J-131 i Ru-103 u vazduhu kao posledica  
akcidenta u Černobilju . . . . . 47
7. K. Južnić i Š. Fedina  
Koncentracije radiostrončiuma u uzorcima  
okoline posle nesreće u Černobilju 53

8. D. Barišić, K. Košutić, K. Kvastek, S. Lulić, J. Tuta, A. Vertačnik, A. Vrhovac  
Procjena kontaminacije područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina kao posljedica nesreće u ne "Lenin" 57
9. Barišić, D., Košutić, K., Kvastek, K., Lulić, S., Tuta, J., Vertačnik, A.  
Kontaminacija površinskog dijela tla na području SR Hrvatske kao posljedica nesreće u ne "Lenin" u Černobilju . . . . . 63

Sekcija 3

REZULTATI MERENJA RADIOAKTIVNOSTI HRANE I PROCENE ODGOVARAJUĆIH EFEKTIVNIH EKVIVALENTNIH DOZA

10. M. Maračić, M. Baumštark, A. Bauman  
Aktivnost <sup>89</sup>Sr i <sup>90</sup>Sr u mlijeku
11. Dušan Nedelkovski, Zoran Kalendarov, Gorgi Teodosievski  
Nivo aktivnosti: J-131, Cs-137 i Cs-134 u jagnjekem, junekem i svinjskom mesu u periodu maj-Oktobar 1986. 73
12. I. Bakit, J. Slivka, M. Vesković, L. Marinkov, Lj. Čonkić, M. Terzić i Z. Skrbić  
Koncentracija aktivnosti radionuklida u hrani sa teritorije SAP Vojvodine i procena doze koju je primilo stanovništvo nakon akcidenta u Černobilju 79
13. Horšić E., Kljajić R., Samek D., Mihalj A., Saračević L., Hasanbašić D., Milošević Z., Čiganović P.  
Radioaktivnost u vodama na teritoriji SR BiH nakon havarije nuklearne elektrane u Černobilju 85
14. Kljajić R., Samek D., Horšić E., Milošević Z., Saračević L., Mihalj A., Hasanbašić D., Čiganović P.  
Nivo radioaktivnosti životnih namirnica nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani Černobil 93
15. D. Kostić, D. Nikezić, P. Marković, S. Milojević  
Odredjivanje ukupne beta aktivnosti vode, hrane, trave i zemlje . . . . . 105
16. N. Lokobauer, A. Bauman, D. Cesar, G. Marović  
Procjena efektivne ekvivalentne doze /H<sub>E</sub>/ od inhalacije . . . . . 115

Sekcija 4

OSTALI IRILOZI

/Radiotoksikologija, gamaspektrometrija i metrologija/

17. Ž. Ubović, K. Milivojević, Dj. Bek-Uzarov, S. Jovanović, M. Stojanović, D. Patić, R. Smiljanić, N. Ajdačić, M. Martić i R. Mertinc  
Mogućnost primene radiotoksikoloških procedura u vanrednim situacijama 121
18. G. Marović, A. Bauman, N. Lokobauer  
Bioindikatori radioaktivne kontaminacije 127
19. L. Marinkov, I. Bikit, J. Slivka, Lj. Čonkić  
Interkomparacija jugoslovenskih  $\gamma$ -spektrometara 137
20. V. Spasić, Dj. Bek-Uzarov, F. Boreli  
Metrološki aspekti određivanja  $^{137}\text{Cs}$  u čoveku 143
21. D. Nikezić, P. Marković, D. Kostić, Đ. Bek-Uzarov M. Križman  
Identifikacija radionuklida i merenje aktivnosti u padavinama u okolini Kragujevca 1 i 2. maja 1986. 147

OPSTA RAZMATRANJA

22. Nadežda Živković  
Normativno uređivanje zaštite od jonizujućih zračenja sa posebnim osvrtom na vanredne događaje 157
23. V. Spasić, Đ. Bek-Uzarov  
Aktuelni problemi legalne metrologije u oblasti jonizujućih zračenja kroz program rada Komisije za jonizujuća zračenja saveta u oblasti metrologije SFRJ . . . . . 165
24. Gordana Djurić, B. Petrović, Dragana Popović, M. Smercerović, Ivana Djujić  
Organizacija rada u Laboratoriji za radijacionu higijenu Katedre za radiologiju i radijacionu higijenu Veterinarskog fakulteta u Beogradu posle nuklearnog udesa "Černobil 86" 169

25. Gordana Djurić i Dragana Topović  
Kritički osvrt na informisanje javnosti putem dnevne  
štampe u periodu posle nuklearnog udesa "Černobil 86" 175
26. I. Dvornik i B. Vekić  
Kritika našeg iskustva i pouke posle Černobilja 179





M.M.Ninković, J.J.Raicević, S.Glodić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča  
OOUR Institut za zaštitu od zračenja

POST-ČERNOBILSKA EVOLUCIJA JAČINE EKSPOZICIONE  
DOZE NA LOKACIJI "VINČA" I TERITORIJI BEOGRADA

ABSTRAKT - U ovom radu prikazani su delimični rezultati merenja jačine ekspozicione doze zračenja na referentnoj lokaciji "Vinča" i sedam odabranih tacaka u Beogradu. Obuhvaćen je period maj - septembar 1986.god. Uocena je korelacija jačine ekspozicione doze sa količinom i vrstom padavina, kao i vrstom podloge. Dati su takodje i rezultati merenja jačine ekspozicione doze u istocnom delu Jugoslavije. Iznad Batajnice su 06.05.1986. izvršena merenja na različitim visinama (0-4 km). Prikazana je visinska zavisnost jačine ekspozicione doze sa korekcijom na ekspoziciju usled kosmičkog zračenja.

ABSTRACT - This paper represents some of the results of exposure dose rate measurements made from may to september 1986. Those measurements were made with RSS-111, pressurized ionisation chamber, at the location Vinča and seven others in Belgrade. The correlation has been noted between dose rate on one, and the quantity and type of rainfall and the ground composition on the other side. Some results of measurements in the eastern part of Yugoslavia have been given too. The measurements of exposure dose rate were made at the different heights (0 - 4 km) above location Batajnica on the May 6. Noted connection of dose exposure rate and height is presenting together with the correction on cosmic ray exposure.

1. UVOD

Nakon akcidenta u Cernobilu postavio se problem izbora metode i sistema za merenje koji ce sa zadovoljavajućom tačnošću i pouzdanošću dati rezultate merenja jačine ekspozicionih doza u okolini. Kako je predpodstavljeno da ce biti potrebno

pratiti nivoje jacinje ekspozicione doze sve do (približno) ponovnog uspostavljanja prirodnog fona, to su pri izboru postavljani vrlo strogi zahtevi. U ovom radu dati su delimični rezultati merenja jacinje ekspozicione doze koja su vršena na referen. lokaciji "Vinca" i odabranim lokacijama u Beogradu (Avala, Petlovo brdo, Zvezdara, Karaburma, Veterinarski fakultet, Bezanija i lokacija kod zgrade SIV-a II). Na kraju su dati i rezultati visinskih merenja iznad Batajnice i rezultati helikopterskih merenja u istocnom delu Jugoslavije.

Na osnovu prethodno stecenog iskustva iz merenja jacinje ekspozicione doze u okolini /1,2/ za merenja je odabran instrument RSS-111 proizvodnje firme REUTER STOKES /3/.

Standardna geometrija merenja prikazana je na sl. 1.

Merenja su pocela kontinualno da se vrse na lokaciji u Vinci 30.04.1986.god., a na odabranim lokacijama u Beogradu 04.05.1986.god., i vrse se i danas. Raspodela doze po visini u predelu Batajnice kao i merenja u istocnom delu Jugoslavije vršena su 06.05.1986.god.

## 2. REZULTATI MERENJA

Nakon prvih vesti o registrovanom povecanju sadržaja radioaktivnog materijala u nasoj zemlji (u Sloveniji) pocela su merenja jacinje ekspozicione doze na lokaciji u Vinci. Merenja su vršena na svakih sat vremena u toku dana, a rezul. merenja za prvih deset dana maja prikazani su na slici 2-a. Na slici 2-b prikazano je ponasanje jacinje ekspozicione doze za period maj-septembar 1986.god. na lokaciji u Vinci. Na slici 2-c prikazani su podaci o padavinama u toku maja na istoj lokaciji. Kao sto se vidi (sa slika 2-a,b,c) jedini znacajan doprinos ekspozicionoj dozi dale su padavine izmedju 1. i 2. maja. Doprinos ostalih padavina u toku maja meseca (i kasnije) bio je ocigledno zanemarljiv.

Pocev od 4. maja uporedo sa merenjem jacinje ekspozicione doze na lokaciji u Vinci, pocela su merenja na odabranim lokacijama u Beogradu. Odabrano je ukupno sedam lokacija: Avala, Petlovo brdo, Zvezdara, Karaburma, Veterinarski fakultet, Bezanija i lokacija kod SIV-a II. Rezultati ovih merenja (za period maj-septembar 1986.god.) dati su na sl.3 i sl.4. Sa prilozenih slika moze se jasno uociti zavisnost jacinje ekspozicione doze i od vrste podloge na kojoj je vršeno merenje. Na sl.3. mogu se videti znacajne razlike izmedju izmerenih doza na terenu bogatom vegetacijom, dakle potencijalno velikom površinom za vezivanje kontaminacije (Avala, Petlovo brdo) sa jedne strane i betoniranom i asfaltiranim terenu u gradu gde je efekat spiranja dosao do izrazaja (kod zgrade SIV II).

Rezultati merenja za lokacije sa sl.4. pokazuju priblizno iste vrednosti jacina ekspozicionih doza .

Na slici 5. prikazana je visinska raspodela jacine ekspozicione doze. Merenje je vrseno 06.05.1986.god. sa instrumentom RSS-111. Kriva a prikazuje izmerene vrednosti, a kriva c - raspodelu jacine ekspozicione doze sa korekcijom na kosmicko zracenje. Prema ponasanju krive c sa sl.5. moze se zakljuciti da je na visini od oko 2 km registrovan radioaktivni oblak i da se prostirao sve do zadnje visinske kote na kojoj je vrseno merenje (4 km).

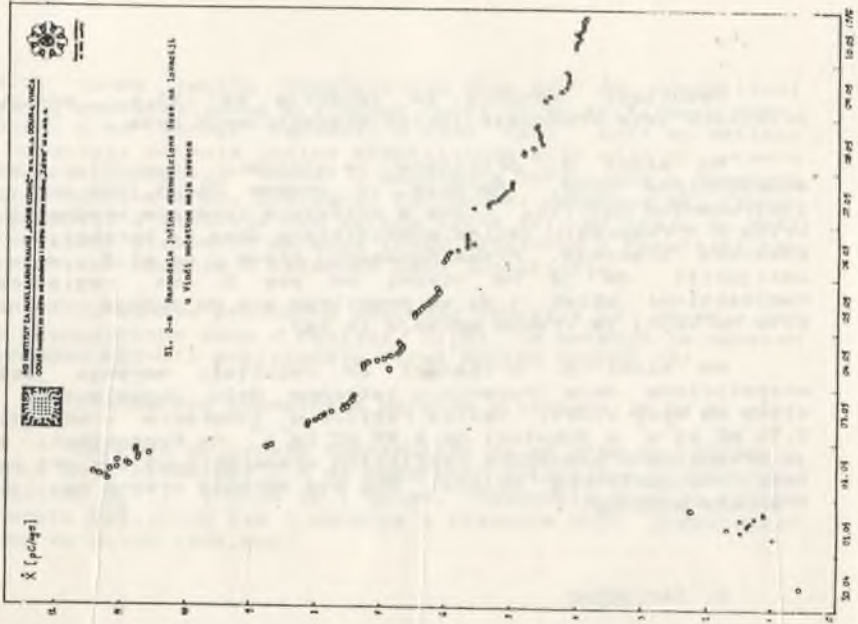
Na slici 6. prikazani su rezultati merenja jacine ekspozicione doze zracenja u istocnom delu Jugoslavije. Sa slike se moze videti velika razlika u izmerenim vrednostima  $0.96 \mu\text{C kg}^{-1} \text{s}^{-1}$  u Subotici do  $6.99 \mu\text{C kg}^{-1} \text{s}^{-1}$  na Kopaoniku), sto je prvenstveno posledica razlicitih vremenskih uslova pri nailsku radioaktivnog oblaka. Sva ova merenja vrsena su iznad travnate podloge.

### 3. ZAKLJUČAK

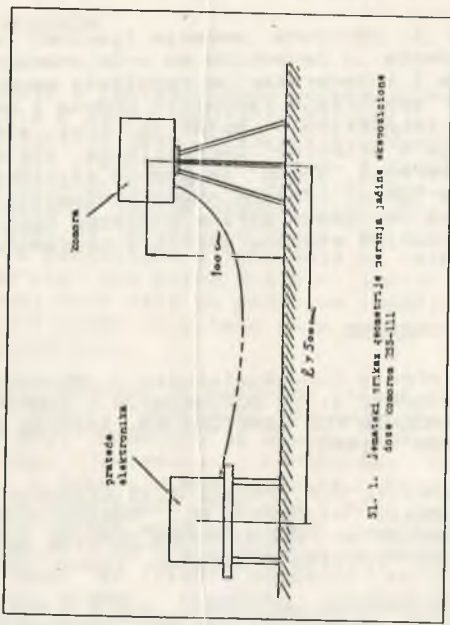
Tacna i pouzdana merenja (jacine) ekspozicione doze nakon akcidenta u Cernobilu su vrlo znacajna sa stanovista dalje obrade i interpretacije rezultata merenja. Ona treba da posluze za testiranje racunskih kodova i modela za proracun transporta radioaktivnih materija kroz atmosferu i procenu doza zracenja u uslovima Cernobilskog akcidenta. Na osnovu rezultata merenja jasno je uocena zavisnost izmedju jacine ekspozicione doze odnosno nivoa kontaminacije i kolicine i tipa padavina sa jedne strane odnosno, sposobnosti podloge da u vecem ili manjem stepenu zadrzava kontaminant.

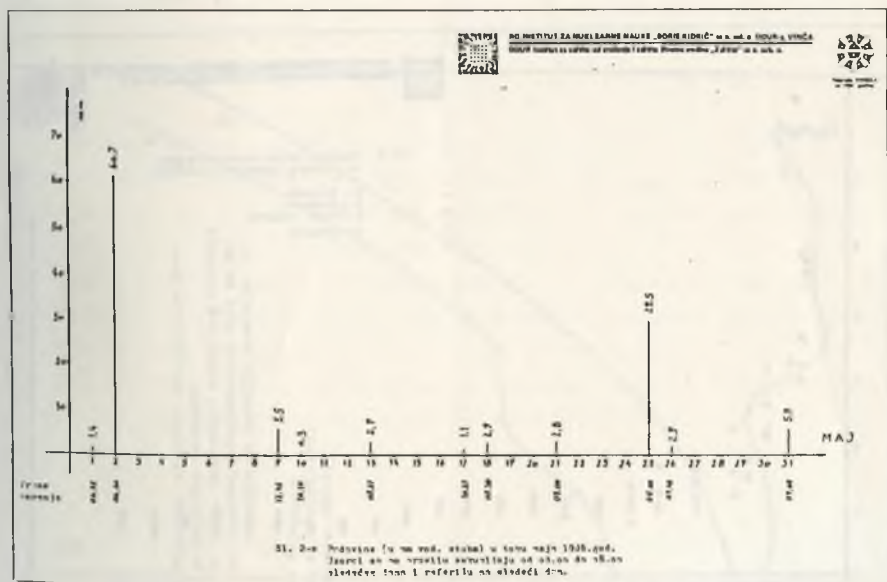
### 4. LITERATURA

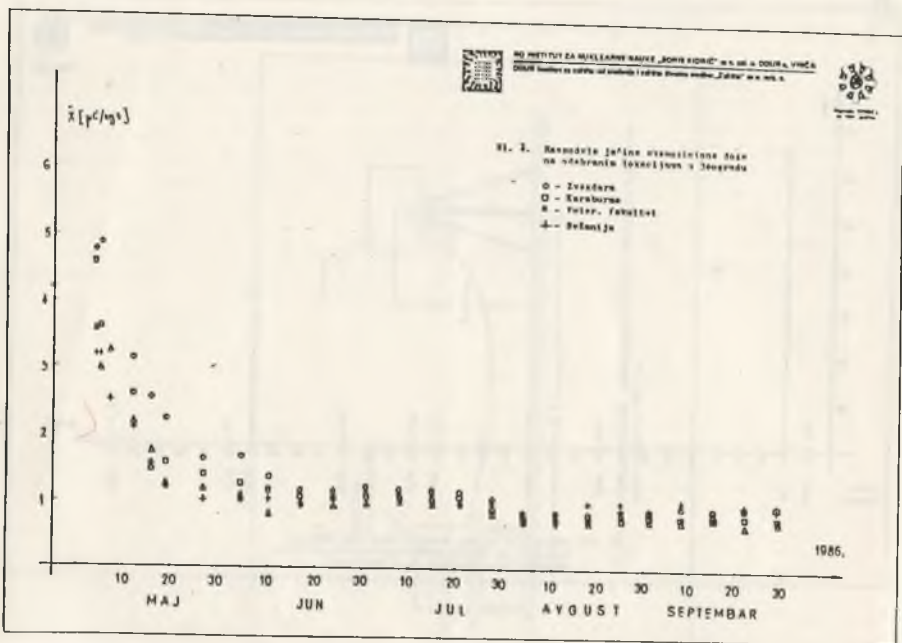
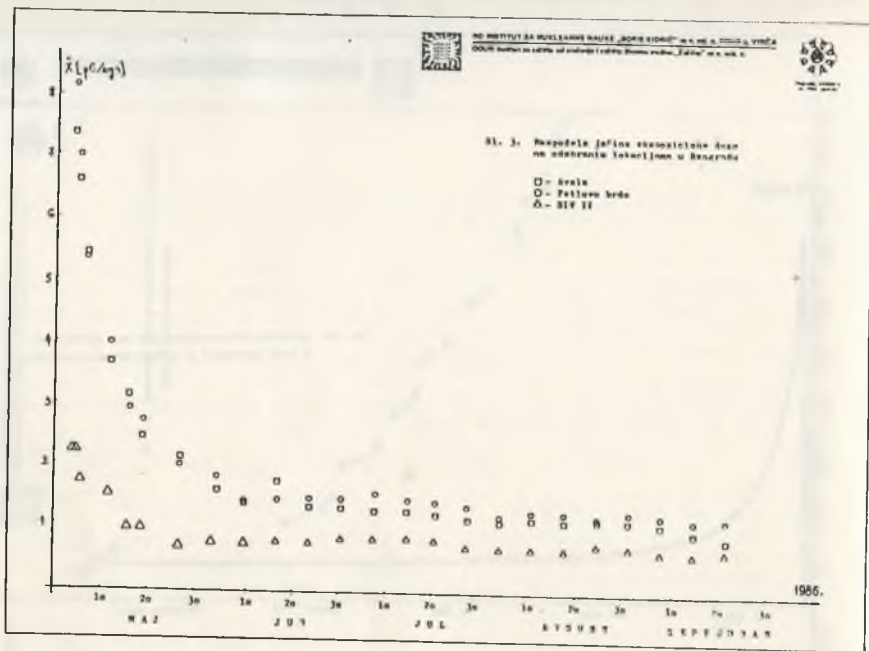
1. Ninkovic M.M., Bjelanovic J., Minincic Z., Komatina R., Raicevic J.J., DOZIMETRIJA I TEHNICKA ZASTITA OD ZRACENJA KOD REAKTORA RA, Interna dokumentacija IBK, 1980 - 1985.
2. Ninkovic M.M., Prokic M., Bjelanovic J., Raicevic J.J., Ajdacic N., Martic M., RADIJACIONA I RADIOEKOLOSKA MERENJA NA TERENU MAKROLOKACIJE DUNAV 5, IBK -Vinca, IZZ -"Zastita", Beograd, Januar 1986.
3. J.A.DeCampo., H.L.Beck and F.D.Raft, HIGH PRESSURE ARGON IONISATION CHAMBER SYSTEMS FOR THE MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL RADIATION EXPOSURE RATES, HASL -260, N.Y., December 1972.

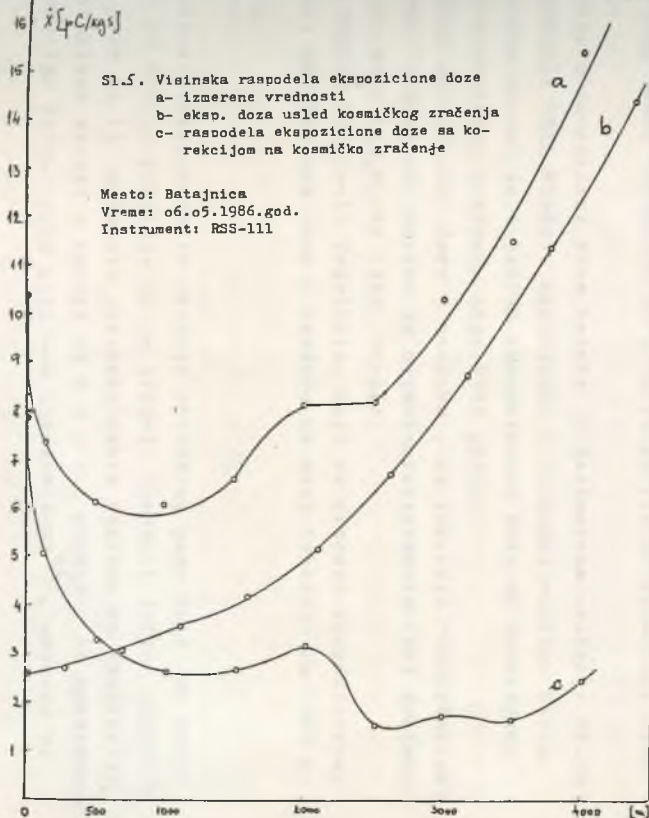


Sl. 2-a. Lokacija i više komunikacija linija na lokaciji u Vukovar, odobrenje za izgradnju











II Savetovanje o izlaganju zračenju iz prirodne sredine i  
proceni odgovarajućeg radijacionog rizika

Kragujevac, 6 - 8. oktobar 1986 g.

JAKINA EKSPOZICIONE DOZE NA LOKACIJI " VETERINARSKI FAKULTET"  
BEOGRAD U PERIODU POSLE NUKLEARNOG UDESA " ČERNOBIL 86"

B. Petrović\*, Gordana Djurić\*, Dragana Popović\*\*, Miodrag  
Šmercerović\*\*\*

\* Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu, Veterinarski  
fakultet, Beograd

\*\* Katedra za fiziku, Veterinarski fakultet, Beograd

\*\*\* Laboratorija za elektroniku, IBK, Vinča

Apstrakt

U radu se daju rezultati merenja jačine ekspozicione doze na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd, u periodu posle nuklearnog udesa "Černobil 86", od 28. aprila do 1. oktobra 1986 godine.

Jačina ekspozicione doze merena je dozimetrom zračenja MZ-10 (proizvodnja IBK, Vinča), ugradjenim u terensko vozilo. Istim dozimetrom merena je i jačina ekspozicione doze na lokacijama Tara i Divčibare, sredinom maja 1986 godine.

Jačina apsorbovane doze u vazduhu, na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd, merena je termoluminiscentnim (TL) dozimetrima na bazi  $MgB_4O_7:Dy$  (IBK, Vinča).

Na osnovu dobijenih rezultata, daje se procena ekspozicione, odnosno, apsorbovane doze u vazduhu na ovoj lokaciji za 1986 g.

U V O D

Rezultati višegodišnjih merenja prirodnog gama fona na teritoriji SR Srbije pokazuju da se srednja vrednost jačine ekspozicione doze za 11 ispitanih radioekoloških regiona na teritoriji ove republike nalazi u opsegu od 0.9 - 1.1 pC/kgs, sa maksimumom u područjima sa najvećom gustinom stanovništva<sup>(4)</sup>, odnosno da



srednja apsorbovana doza na istom području iznosi 0.44 - 2.02 mGy godišnje<sup>(5)</sup>. Jačina eksozicione doze izmerena na području SR Hrvatske takodje pokazuje male varijacije oko srednje vrednosti (0.9 pC/kg-s) u zadnje tri godine.<sup>(1)</sup>

Merenja na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd<sup>(2)</sup> u periodu 1980-85 godine, pokazuju srednju vrednost jačine eksozicione doze od 1.1 pC/kgs, odnosno srednju godišnju eksozicijonu dozu od 35  $\mu$ C/kg, što se uklapa u ranija merenja na ovom području. Slično je i sa merenjima apsorbovane doze u vazduhu pomoću TL dozimetara<sup>(3)</sup> na datoj lokaciji: brzina apsorbovane doze u vazduhu iznosi u srednjem 0.126  $\pm$  0.032  $\mu$ Gy/h, odnosno 1.10  $\pm$  0.28 mGy godišnje.

U periodu posle nuklearnog udesa "Černobil 86" došlo je do naglog povećanja jačine eksozicione doze na celom području naše zemlje, pa shodno tome i na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd. Stoga je na ovoj lokaciji eksozicijona, odnosno apsorbovana doza svakodnevno merena u periodu od 28. aprila do kraja septembra 1986 godine. Na osnovu rezultata ovih merenja izvršena je procena ukupne godišnje eksozicione doze (apsorbovane doze) za 1986 godinu.

## M A T E R I J A L I M E T O D A

---

Jačina eksozicione doze merena je dozimetrom MZ-10 sa dve GM sonde - pokretnom i stacionarnom (dozimetrijski uređaj II kategorije, proizvodnja IBK, Vinča), ugradjenim u terensko vozilo. Kalibracija je izvršena standardnim izvorom Co-60. Jačina eksozicione doze merena je na 1 m visine od tla, iznad travnatog terena. Merenja su trajala 25-30 minuta, a rezultat je prikazan kao srednja vrednost 200-300 merenja. Greška merenja iznosi u srednjem  $\pm$  10%; koeficijent varijacije pojedinačnog merenja ne prelazi 30%.

Do 7. maja 1986 godine jačina eksozicione doze merena je svakih 2 časa, od 7-15. maja tri puta dnevno, od 15-30. maja ujutru i predveče, a od 1. juna jedan put dnevno, u ranim popodnevnm ili jutarnjim časovima.

Apsorbovana doza merena je termoluminiscentnim (TL) dozimetrom na bazi  $MgB_4O_7:Dy$  (proizvodnja IBK, Vinča). To su "vazduhu ili tkivno ekvivalentni" dozimetri, EAB = 7.65, opseg merljive

doze  $10^{-2}$ - $10^3$  Gy, neosetljivi na svetlost, feding do 10% za prva tri meseca po ozračivanju. Dozimetri su kalibrisani standardnim izvorom Ra-226.

Dozimetri su se nalazili u fotopapirnim košuljicama, u plastičnim (PVC) kutijama ; u svakoj košuljici nalazilo se po 10 dozimetara, zbog mogućih fluktuacija u osetljivosti izmedju pojedinačnih dozimetara.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati merenja jačine ekspozicione doze na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd, u periodu od 28.04-1.10.1986 godine prikazani su na sl.1. (Na slici su prikazane maksimalne vrednosti jačine ekspozicione doze za pojedine dane). Maksimalna vrednost jačine ekspozicione doze na ovoj lokaciji posle nuklearnog udesa "Černobil 86" izmerena je 2.maja u 20.45 h i iznosila je 6.28pC/kg.s, posle čega je sledio nagao i kontinuiran pad, sa manjim rastom 4. odnosno 5. maja, posle većih padavina. Već 11.maja jačina ekspozicione doze iznosila je polovinu maksimalno izmerene vrednosti od 2. maja, a krajem maja ta se vrednost ustalila na 2.3- 2.4 pC/kg.s, sa varijacijama u granicama greške merenja.

Na istoj lokaciji, brzina ekspozicione doze merena u periodu od 2 - 4. maja, na 1 cm od tla (u travi) iznosila je 36pC/kg.s.

Jačina ekspozicione doze merena 17-18.maja na putu Beograd - Tara - Divčibare - Beograd, kretala se u opsegu 2.8 -3.6 pC/kg.s što je nešto iznad vrednosti izmerenih na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd u istom periodu.

Rezultati merenja jačine apsorbovane doze pomoću TL dozimetara na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd prikazani su u Tabeli 1. Apsorbovana doza merena je dozimetrima koji su se nalazili u travi (1 cm od tla) u tzv.kontakt geometriji i na 1 m visine od tla.

Tabela 1. Jačina apsorbovane doze ( $\dot{D}$ ) u vazduhu na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd

Geometrija merenja	Period izlaganja TLD	$\dot{D} \pm \delta$ ( $\mu\text{Cg/h}$ )	Povećanje $\dot{D}$ u odnosu na vrednost pre Č86
1 cm od tla	2-6.05.86	1.48 $\pm$ 0.32	12 x
1 m od tla	2 -13.05.86	0.584 $\pm$ 0.156	4.6 x

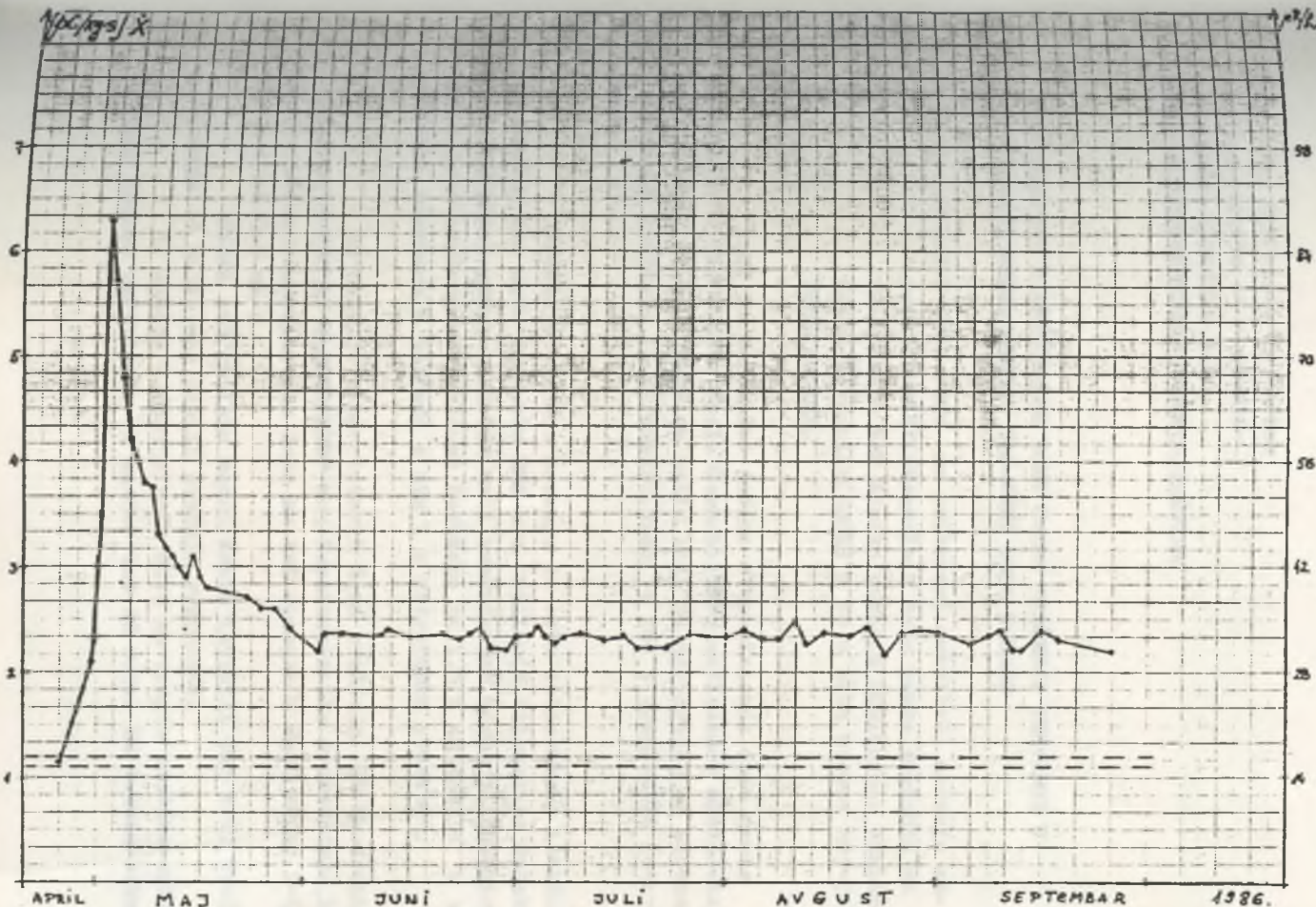
Na osnovu izmerenih vrednosti brzine ekspozicione doze u periodu pre i posle nuklearnog udesa "Černobil 86" izvršena je procena ukupne godišnje ekspozicione doze za 1986 godinu na ovoj lokaciji. Rezultati proračuna prikazani su u Tabeli 2. Proračun je izvršen uz pretpostavku da će se srednja vrednost jačine ekspozicione doze na ovoj lokaciji u periodu od 1.10.86 do kraja godine kretati oko 2 pC/kg.s. Proračun pokazuje da će, uz pomenutu pretpostavku, jačina ekspozicione doze u 1986 godini biti oko 1.7 puta veća od srednje godišnje vrednosti ekspozicione doze na ovoj lokaciji u prethodnom petogodišnjem periodu.

Tabela 2. Jačina ekspozicione doze na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd u 1986 godini

Jačina eksp. doze u 1985g. ( $\mu\text{C/kg}$ )	Jačina ekspozicione doze u 1986g ( $\mu\text{C/kg}$ )				
	1.1-28.4	28.4-16.5	16.5-31.5	1.6-1.10	$\rightarrow$ 31.12
35	11.4	5.3	3.2	24.8	15.9
U k u p n o z a 1986			60.6 $\mu\text{C/kg}$		

#### Literatura

1. Cesar, D. et al. (1985) Ekspozicijske doze izmerene TL dozimetrima u SR Hrvatskoj, Zbornik radova XIII simpozijuma JDZZ, Pula, I, 33-37
2. Petrović, B. et al. (1985) Godišnji izvestaj RZN SRS 1980-85, Beograd
3. Popović, D. (1985) Doktorska teza, Veterinarski fakultet, Univerzitet u Beogradu
4. Radovanović, R. (1974) Doktorska teza, Veterinarski fakultet, Univerzitet u Beogradu
5. Radovanović, R. i J. Simonović (1982) Medicinsko ozračivanje i prirodni radijacioni fon, Zbornik radova XX Sastanka Koordinacionog Odbora za medicinsku fiziku SFRJ, Priština



SI.1 KRETANJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE NA LOKACIJI "VETERINARSKI FAKULTET" BEOGRAD  
 U PERIODU 28.april - 1.oktobar 1986 godine



Š. Fazliu, H. Morina, F. Račica  
Služba zaštite od zračenja-  
DISPANZER MEDICINE RADA  
SOJUR ~~HELEKTRONIKA~~ KOSOVO-PRIŠTINA

## EKSPOZICIONE I INTEGRALNE DOZE GAMMA ZRAČENJA IZMERENE U TOKU MESECA MAJA, ODNOSNO MAJ-JUNI 1986 GODINE

Kratak sadržaj: U ovom radu, su prikazani rezultati merenja ek-  
spozicionih integralnih doza gamma zračenja na  
teritoriji SAP Kosovo povodom nuklearnog akside-  
nta u Černobilu (SSSR) i to u toku meseca maj-jun  
1986 godine.

1.a) Sa merenjima jačine ekspozicionih doza gamma  
zračenja u SAP Kosovo posle Černobilskog nuklearnog aksidenta,  
počeli smo još od 1. Maja na način koji je preporučen od strane  
Saveznog komiteta za zdravstvo, kada je reč o vremenskim interva-  
lima.

Praćenje odnosno merenje po ovim preporukama izvršeno  
je svakih dva sata na parku DMB-a u Obiliću (8 kilometara daleko  
od Prištine) gde se i dalje vrši svakodnevno merenje ekspozici-  
onih doza zračenja. Merenja su izvršena na 1,5 m od zemlje u ot-  
vorenom prostoru a uporedo s tim i u zatvorenom prostoru.

Za merenje ekspozicionih doza zračenja je upotrebjeno  
monitor "BANDELIN ELECTRONIC" mm 3" Zapadnonemačke proizvodnje, koji  
meri jačinu ekspozicionih doza na tri opsega: Od 0-50  $\mu\text{R/h}$ , 0-0,5  
 $\text{mR/h}$  i od 0-5  $\text{mR/h}$ .

Svaki put na isto merno mesto izvršili smo veći broj  
merenja od kojih smo dobili srednje vrednosti.

b) Jačine ekspozicionih doza na drugim mestima-opština-  
ma SAP Kosovo počeli smo da merimo tek 20. maja. Na terenu takva

merenja su obavljena istim monitorom i na istoj visini (1,5m) od zemlje, ali i na površini zemlje. Na nekoliko mesta doze smo istovremeno izmerili na zelenoj površini i na asfaltnim putevima.

Merenja su izvršena na ukupno 56 mesta 12 opština.

c) Integralne doze smo odredili pomoću termoluminescentnih dozimetara na bazi  $\text{Ca SO}_4$  proizvodnje IBK-Vinča.

Svaka kasetna (TLD) sadrži po tri pastile i zatvorena je u PVC-kesici. Takvi dozimetri (dva do tri komada) su postavljeni na 22 mesta (14 opština) u otvorenom i zatvorenom prostoru, i to po serijama, dana 3, 4, 10, 20, 21, 22 maja 1986 godine, koje smo nakon 30 dana eksponiranja kod neke serije i više prikupili i očitavali na čitaču tipa TOLEDO 654" engleske proizvodnje.

Na karti SAP Kosovo su obeležana merna mesta ekspoziционih i integralnih doza.

## 2. Rezultati merenja i diskusija

a) Na tabeli I i grafikonu 1, date su minimalne, srednje i maksimalne vrednosti ekspoziционih doza zračenja dobijenih merenjem u otvorenom i u zatvorenom prostoru, a uvek na istom mestu u toku maja po datumima.

Najveće vrednosti doze u toku maja (van prostorije) izmerene su dana 3 maja (3,65 pA/kg); 4 maja (3,41 pA/kg); 5 maja (3,59); 6 maja (3,51); 7 maja (3,37) kada počinje vidno opadanje vrednosti doza, sve do 31 maja kada je vrednost opala na 1,73 pA/kg, što je opet veća u odnosu na 1 maja (1,44 pA/kg). Medjutim, najmanja vrednost u toku ovog meseca bila je 0,86 pA/kg.

Srednje vrednosti su rezultat mnoštva rezultata merenja, a ne minimalnih i maksimalnih vrednosti.

Kada uporedjujemo ove doze sa dozama u zatvorenom prostoru vidima da kad je doza vani bila najveća unutra je bila oko 2,5 puta manja doza, što ide u prilog prepurukama i merama Saveznog komiteta za zdravstvo.

b) Na tabeli II i grafikonu 2 su prikazane minimalne, srednje i maksimalne vrednosti ekspozicionih doza gamma zračenja po mernim mestima na teritoriji SAP Kosova i po datumima, i to posebno za zemlju pokrivenom zelenilom a posebno za asfaltne puteve.

Merenja na terenu obavljamo počev od 20 maja pa nadalje. Ako uporedimo vrednosti ekspozicionih doza zračenja izmerenih 20 maja u Obiliću("abela I) sa vrednostima doza koje smo dobili merenjima istog datuma i na istoj visini, ali u različitim mestima SAP Kosovo, može se konstatovati da su ekspozicione doze vrlo različite.

Maksimalna ekspoziciona doza 20 maja 1986 godine u Obiliću je 2,16 pA/kg na teritoriji opštine Priština(22 maja) je 3,15 pA/kg, na teritoriji Podujeva(20 maja) je 4,44 pA/kg u Leposaviću(21 maja) 1,87 pA/kg u Srbici(22 maja) 1,87 pA/kg, u Kačaniku(12 maja) 1,15 pA/kg, u Kosovskoj Vitini(26 maja) 1,44 pA/kg itd.

Na nekim mestima teritorije opštine Podujevo i susednim selima koja pripadaju opštini Prištine, i dan danas vrednost ekspozicione doze na visini od 1,5 metara kreće se do 3,6pA/kg.

Na tabelu III i grafikonu 3 prikazani su rezultati integralnih doza na celoj teritoriji SAP Kosovo po teritorijama opština i vremenom eksponiranja postavljenih termoluminiscentnih dozimetara, za zatvorene i otvorene prostore. Na posebnim kolonama date su vrednosti integralnih doza zračenja za jedan dan.

Dnevna integralna doza po celoj teritoriji SAP Kosova se kreće od 6,4 Sv u Suvoj Reci(unutra) i 4,9 Sv(vani) pa do 20,9 Sv u Podujevo(unutra) i 18,3 Sv(vani).

Valja napomenuti da je na tabeli integralna doza vani najveća (21,1 Sv) u Vučiternu, ali u tom rezultatu je uračunata i doza jednog dozimetra koji je bio pao na travi i apsorbovao je

1044 Sv. Ista stvar je i sa rezultatom u Prizrenu

Kod većina slučajeva, integralne doze unutar prostorija su veće u odnosu na otvorenim prostorijama, a to je najverovatnije zbog različitog materijala od kojih su izgrađeni objekti na čijim zidovima su okačeni dozimetri.

### 3. R E Z I M E

Izmerene jačine ekspozicionih doza i integralnih doza na različitim mestima su različite vrednosti, a na pojedinim mestima doze su još uvek 3-4 puta veće od prirodnog fona pre nuklearnog aksidenta u Černobilu. Zbog toga neophodno je nastaviti sa praćenjem ekspozicionih doza ne samo pri DMR-a, već na više mesta u Pokrajini i to po mogućnosti istim tipom monitora za gamma zračenje.

Slučaj aksidenta u Černobilu nameće potrebu da se unapred izradi detaljan poseban plan i program rada Službe zaštite od zračenja a za aksidentalne i vanredne situacije, kako bi bolje i organizovanije dočekali buduću eventualnu aksidentalnu ili vanrednu situaciju. Isto tako se povodom ovog aksidenta pokazalo da informisanost šireg stanovništva (javnosti) pa čak i onih koji su završili neku srednju školu ili fakultet, o radioaktivnosti i njene opasnosti nije na željenom nivou, što nameće potrebu da se stanovništvo putem različitih oblika prosvetuje i iz ove oblasti i da bude osposobljeno za zaštitu od junizujućeg zračenja.

## TABELA-I

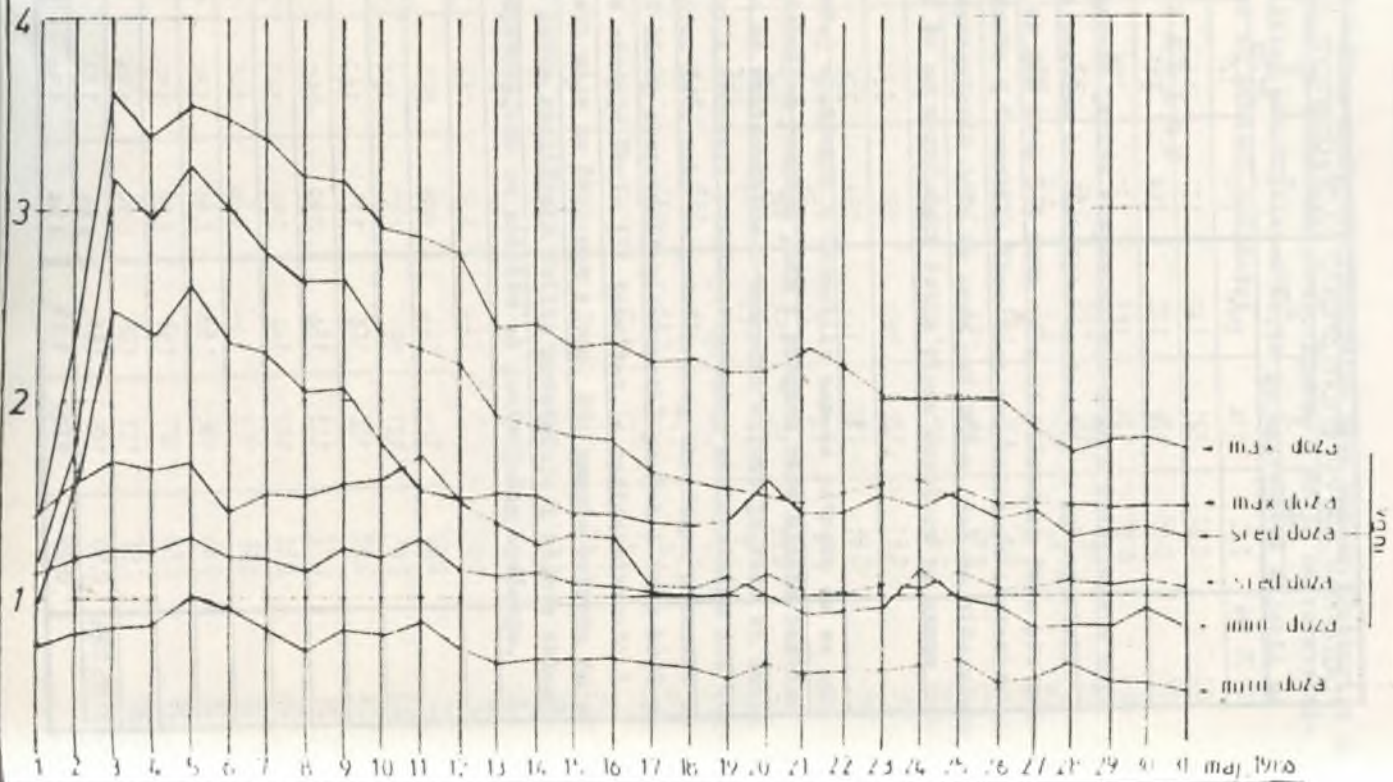
- 19 -

JAČINA EKSPONIZACIONIH DOZA  $\gamma$ -ZRAČENJA

STALNO MERNO MESTO: DMR - OBILIČ

Datum	u zatvorenom prostoru			u otvorenom prostoru		
	$X_{min}$	$\bar{X}$	$X_{max}$	$X_{min}$	$\bar{X}$	$X_{max}$
	RA/EG			RA/EG		
01.05.1986	0,72	1,14	1,44	0,97	1,20	1,44
02	0,81	1,21	1,61	1,27	1,54	2,36
03	0,85	1,26	1,70	2,48	3,17	3,65
04	0,87	1,24	1,63	2,37	2,98	3,47
05	1,02	1,32	1,76	2,65	3,27	3,58
06	0,95	1,20	1,45	2,33	3,01	3,37
07	0,62	1,20	1,53	2,24	2,52	3,27
08	0,73	1,14	1,52	2,07	2,66	3,15
09	0,87	1,25	1,60	2,27	2,64	3,15
10	0,50	1,20	1,61	1,81	2,24	2,85
11	0,86	1,30	1,74	1,58	2,25	2,83
12	0,76	1,10	1,50	1,54	2,10	2,73
13	0,65	1,10	1,52	1,25	1,96	2,40
14	0,48	1,10	1,52	1,07	1,86	2,33
15	0,67	1,07	1,44	1,33	1,83	2,28
16	0,67	1,04	1,45	1,30	1,81	2,31
17	0,63	1,03	1,40	1,07	1,60	2,18
18	0,62	1,01	1,42	1,07	1,64	2,22
19	0,53	1,02	1,43	1,11	1,62	2,16
20	0,67	1,02	1,61	1,01	1,53	2,16
21	0,60	1,07	1,44	0,91	1,53	2,25
22	0,60	1,04	1,44	0,96	1,57	2,16
23	0,67	1,07	1,51	0,97	1,61	2,07
24	0,63	1,00	1,46	1,15	1,62	2,02
25	0,72	1,03	1,56	0,99	1,50	2,04
26	0,55	1,03	1,44	0,96	1,41	2,02
27	0,58	1,03	1,44	0,86	1,43	1,87
28	0,65	1,03	1,58	0,86	1,30	1,73
29	0,58	1,07	1,58	0,86	1,37	1,80
30	0,58	1,03	1,58	0,94	1,35	1,80
31.05.1986	0,50	1,04	1,58	0,86	1,30	1,72
	0,70	1,08	1,53	1,36	1,94	2,44

JAČINA EKSPOZICIONIH DOZA -γ ZRAČENJA UNUTAR I VAN PROSTORIJA STALNO MERNO MESTO: DISPANZER MEDICINE RADA -OBILIČ



- 20 -

unutar p.  
van p.

# TABELA-II

## Jačine ekspozicionih doza zračenja na teritoriji SAP Kosovo

TERITORIJA OPŠTINA	DAN, MESEC I GODINA	Doze na površini i visini zemlje						Doze na visini i površini asfaltnog puta							
		Br. mesia	$\bar{X}_m$		$\bar{X}$		$\bar{X}_m$		Br. mesta	$\bar{X}_m$		$\bar{X}$		$\bar{X}_m$	
			(pA/kg)							(pA/kg)					
			v	p	v	p	v	p		v	p	v	p	v	p
1. PRIŠTINA	20.05.'86	1	0.43	-	1.01	-	1.58	-	-	-	-	-	-	-	
	22.	4	2.30	2.54	2.56	3.04	3.15	3.74	3	1.20	2.16	1.85	2.45	2.33	3.10
	23.	4	1.10	1.61	1.79	2.07	2.25	2.66	4	1.07	1.03	1.41	1.44	1.82	1.73
	25.	1	1.01	0.86	1.55	1.40	2.23	1.94	1	0.58	0.50	0.94	0.90	1.73	1.22
	26.	2	1.04	1.26	1.43	1.65	1.80	2.09	1	0.72	0.86	1.23	1.23	1.73	1.66
	28.	5	0.68	0.92	1.08	1.40	1.54	1.94	1	0.72	1.15	1.35	1.80	2.02	2.09
			17	1.13	1.44	1.57	1.91	2.09	2.47	10	0.86	1.14	1.37	1.58	1.91
2. PODUJEVO	20.05.'86	11	2.33	3.38	3.36	4.09	4.44	4.96	6	1.78	2.27	2.51	2.77	3.13	3.15
3. VUČITERN	22.	2	1.55	1.84	2.00	2.34	2.63	2.88	2	1.01	1.22	1.48	1.66	1.84	2.16
4. T. MITROVIĆA	21.	8	1.23	1.40	1.68	2.00	2.15	2.41	4	1.01	0.91	1.47	1.51	1.91	1.97
5. LEPOSAVIĆ	21.	1	0.86	1.80	1.46	2.22	1.88	2.45	-	-	-	-	-	-	
6. SRBIĆA	22.	3	1.03	1.03	1.50	1.68	1.87	2.33	2	0.94	1.12	1.43	1.66	1.88	2.16
7. GLOGOVAC	22.	2	1.08	1.48	1.56	1.92	1.98	2.41	2	0.90	0.79	1.29	1.27	1.73	1.58
8. UROŠEVAC	29 30	3	1.20	1.76	1.74	2.48	2.30	3.13	1	1.22	2.16	1.94	3.10	2.66	3.60
9. KAČANIK	12	1	0.65	0.79	0.90	1.14	1.15	1.58	-	-	-	-	-	-	
10. K. VITIJA	26	1	0.65	0.72	1.04	0.99	1.44	1.22	1	0.43	0.43	0.86	0.83	1.15	1.37
11. GNJILANE	26	5	1.02	1.10	1.57	1.82	2.12	2.41	2	0.68	0.79	1.26	1.30	1.80	1.66
12. K. KAMENICA	26	2	1.04	0.94	1.35	1.43	1.66	1.76	1	0.86	1.15	1.13	1.58	1.73	1.94
		56	1.15	1.47	1.68	2.00	2.14	2.50	31	0.97	1.20	1.48	1.73	1.97	2.16

# JAČINE EKSPONIZIČNIH DOZA NA TERITORIJI SAP KOSOVO NA ZEMLJI POKRIVENOM ZELENILOM

pA/kg

Podujevo

5

4

3

2

1

Urusevci

Vučitici

Trpocani

Trnovo

Trnovo

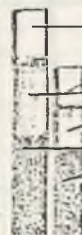
Trnovo

Trnovo

Kučinci

Kučinci

Kučinci



Maksimalna doza

Srednja vredn. doze

Minimalna doza

P

V

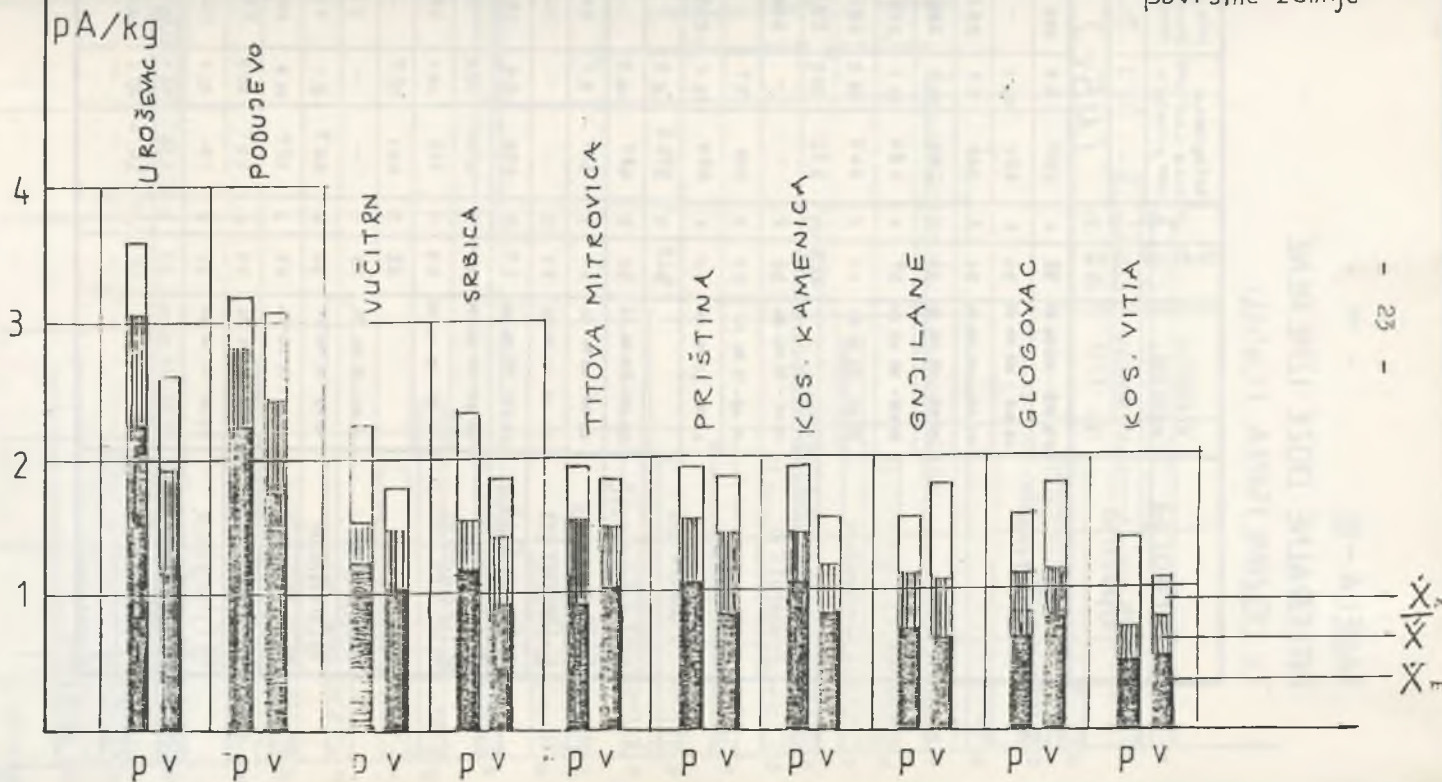
doza na visini 1,5 m od površine zemlje  
doza na površini zemlje  
doza na visini 1,5 m od površine zemlje

# GRAFIKON -IIa

Jačine ekspzicionih doza na teritoriji SAP Kosovo na asfaltnim putevima

P-Doza na površini zemlje

V-Doza na visini 1.5 m od površine zemlje



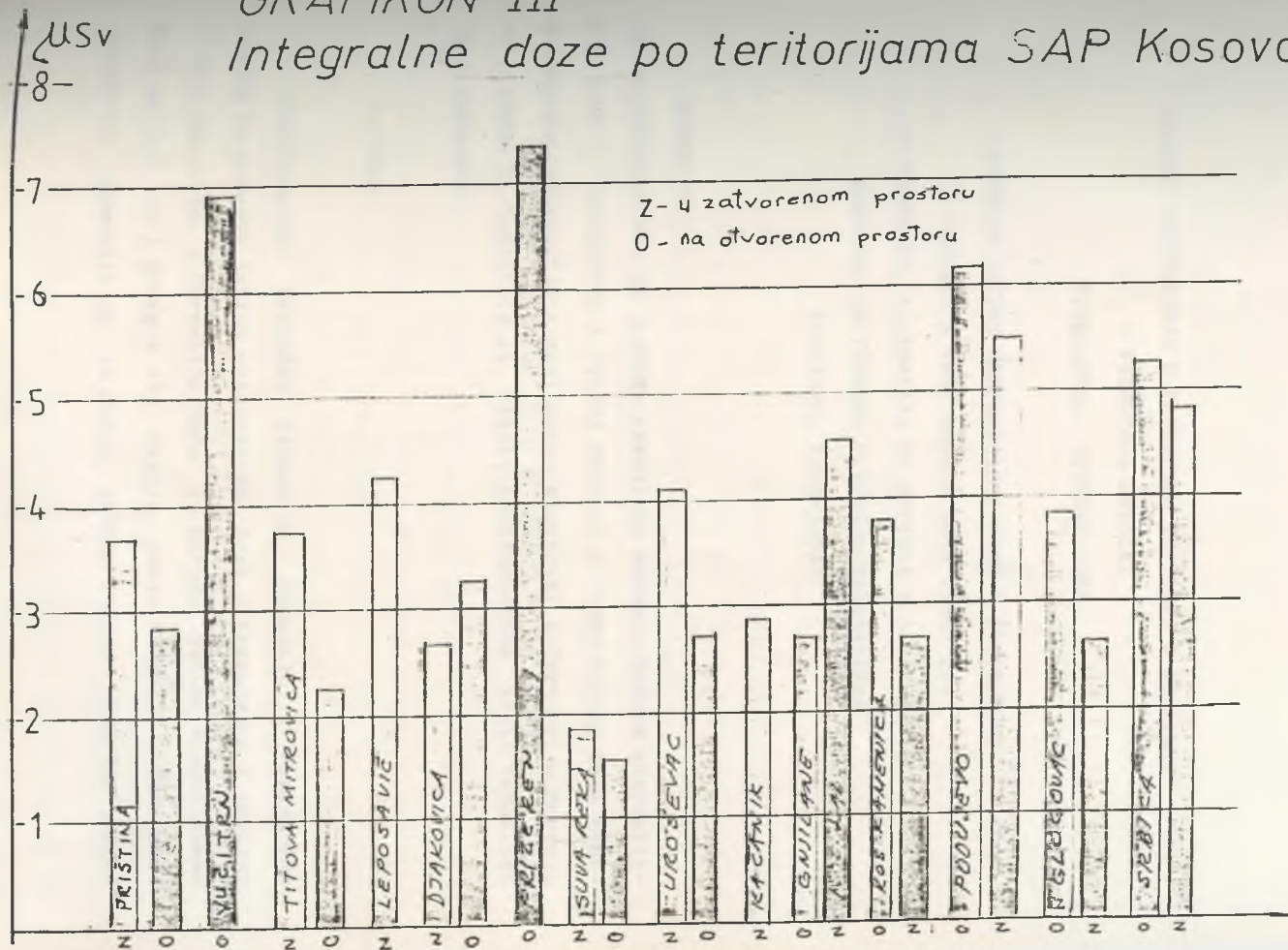
X  
X  
X  
X

TABELA - III  
 INTEGRALNE DOZE IZMERE NE  
 TL-DOZIMETRIMA (CaSO<sub>4</sub>)

Teritorija Opština	Vremenski interval ekspozicije na TLD	Broj eksponiranih TLD	Broj mesta	Integralna doza u izotvorenom prostoru		Integralne doze u otvorenom prostoru	
				D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
(μSv)							
1 Priština	03.05 - 04.06.84	32	1	220	6.9	195	6.1
	03.05 - 05.06.84	33	1	431	13.1	-	-
	03.05 - 04.06.84	31	5	240	7.7	251	8.1
	10.05 - 12.06.84	33	4	280	8.5	285	8.7
	10.05 - 16.06.84	37	1	486	13.1	318	8.6
	22.05 - 23.06.84	51	2	363	18.2	381	12.3
		32.8	14	370	11.2	287	8.8
2 Vučitrn	18.05 - 12.06.84	33	2	-	-	695	21.1
3. Titova Mitrovica	10.05 - 12.06.84	33	1	319	9.7	-	-
	21.05 - 20.06.84	30	3	424	16.1	223	7.4
			34.5	4	374.5	11.9	-
4 Leposavič	21.05 - 20.06.84	30	2	427	14.2	-	-
5 Đakovica	03.05 - 03.06.84	31	2	270	8.7	312	10.1
6 Prizren	03.05 - 03.06.84	31	2	-	-	733	22.6
7 Suva Reka	03.05 - 03.06.84	31	1	198	6.4	153	4.9
8 Urševac	03.05 - 03.06.84	31	2	470	15.2	-	-
	10.05 - 10.06.84	33	1	332	10.1	267	8.1
			32	3	401	12.7	-
9 Kačanik	10.05 - 12.06.84	33	1	-	-	290	8.8
10 Gnjilane	10.05 - 12.06.84	33	2	267	8.1	456	13.8
11. K. Kamenica	10.05 - 12.06.84	33	2	377	11.4	265	8.0
12 Podujevo	20.05 - 17.06.84	30	6	627	20.9	550	18.3
13 Glogovac	22.05 - 23.06.84	32	2	386	12.1	267	8.3
14 Srbica	22.05 - 23.06.84	32	2	318	16.1	474	14.8
			31.8	3	346	12.1	382

# GRAFIKON -III

## Integralne doze po teritorijama SAP Kosovo





DRUGO SAVETOVANJE O PRIRODNOM ZRAČENJU I ZRAČENJU  
U PRIRODNOJ SREDINI

Kragujevac, oktobar 1986.

MERENJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE U KRAGUJEVCU

I OKOLINI U TOKU MESECA MAJA 1986. god

P. Marković, D. Kostić, D. Nikezić i S. Milojević

Institut za fiziku, Prirodno-matematički

fakultet, Kragujevac

APSTRSKT

U ovom referatu dat je prikaz rezultata merenja jačine ekspozicione doze u Kragujevcu i bližoj okolini u toku meseca maja neposredno posle havarije u nuklearnoj elektrani u Černobilju. Merenja su vršena u Institutu za fiziku instrumentima kojim raspolaže ovaj fakultet.

1. UVOD

Proučavajući ekološku situaciju Sumadije i Pomoravlja vršena su merenja jačine ekspozicione doze u Kragujevcu i okolini pre havarije u Černobilju. Tada je merena jačina ekspozicione doze od 0,3 do 1 pC/kg s /1/. Stanje posle havarije u Černobilju znatno se promenilo pa je stoga vršena stalna kontrola jačine

ekspozicione doze na oko dvadesetak lokacija u Kragujevcu i bližoj okolini. Za lokacije su birana mesta gde se okuplja najveći broj ljudi.

## 2. METODA MERENJA

Merenje jačine ekspozicione doze vršeno je instrumentima MAB-601 i SGM. MAB-601 je ultrasetljivi instrument koji služi za merenje jačine ekspozicione doze  $x$  i gama zračenja na nivou prirodnog fona. Sastoji se iz detektorske sonde i elektronskog dela. Detektor je plastični scintilator sa slojem od cink-sulfida koji je aktiviran srebrom. Ovakav detektor omogućava energetski nezavisna merenja doze u intervalu energija zračenja od 20 KeV do 1 MeV. Ovaj instrument ima pet različitih opsega merenja i to: 2.148; 7.16; 21.48; 71.6 i 214.8 pC/kgs. Sum ovog instrumenta je manji od 0.0035 pC/kgs.

Scintilacioni gama monitor SGM sastoji se takodje od detektora i elektronskog dela. Za detektor je korišćen vazduhu ekvivalentan plastični scintilator NE-105, koji je više energetski linearna od drugih vazduhu ekvivalentnih scintilatora koji sadrže ZnS(Ag). SGM meri jačinu ekspozicione doze u dva opsega i to nC/kgs i pC/kgs. Može da meri gama zrake koji imaju energiju veću od 50 KeV u mernom području nC/kgs, odnosno 150 KeV u mernom području pC/kgs. Donja granica osetljivosti SGM-a je 1 pC/kgs.

Jačina ekspozicione doze na većini izabranih lokacija, merana je na visini 1 m od površine zemlje. Samo u pojedinim tačkama merenja su vršena bliže tlu, da bi se ustanovila promena jačine ekspozicione doze sa rastojanjem od površine zemlje.

### 3. REZULTATI MERENJA

Povećanje jačine ekspozicione doze primećeno je na lokaciji Maršić 01.05.1986. god. oko 13,30 časova ( $x = 1.65 - 1.8$  pC/kgs). Nešto kasnije, neposredno posle pljuska koji je doneo veliku količinu radionukleida /3/, oko 15,30 časova na istoj lokaciji merena je jačina ekspozicione doze od 3.6 pC/kgs. Tog popodneva vršena su merenja jačine ekspozicione doze na nekoliko lokacija i svuda je konstatovano znatno povećanje. Rezultati tih merenja dati su u tabeli 1.

Pošto je tokom noći između 01. i 02.05. palo još kiše u jutarnjim časovima 02.05. konstatovano je još veće povećanje jačine ekspozicione doze. Blizu trave i barica jačina ekspozicione doze iznosila je oko 14.5 pC/kgs. Na jednom mestu u parku gde je bilo dosta guste i visoke trave i gde se zadržalo dosta kiše, izmerena je jačina ekspozicione doze od 50 pC/kgs.

TABELA 1. vrednosti jačine ekspozicione doze merene  
01. i 02. 05

mesto merenja	datum	vreme	visina(m)	x(pC/kgs)
Maršić	01.05.	13,30	1	1.7
		14,30	1	1.8
		15,15	1	3.7
		19.15	1	2.7
		21.00	1	2.0
Institut za fiziku	01.05.	15,45	1	5-6.5
		18,50	1	3.7
		22	1	4.7
	02.05.	23	1	5.0
		7,30	1	7.9-8.6
		7,30	0.1	10.8-14.4
		9	1	7.9
		9	0.1	10.8
		11	1	7.9

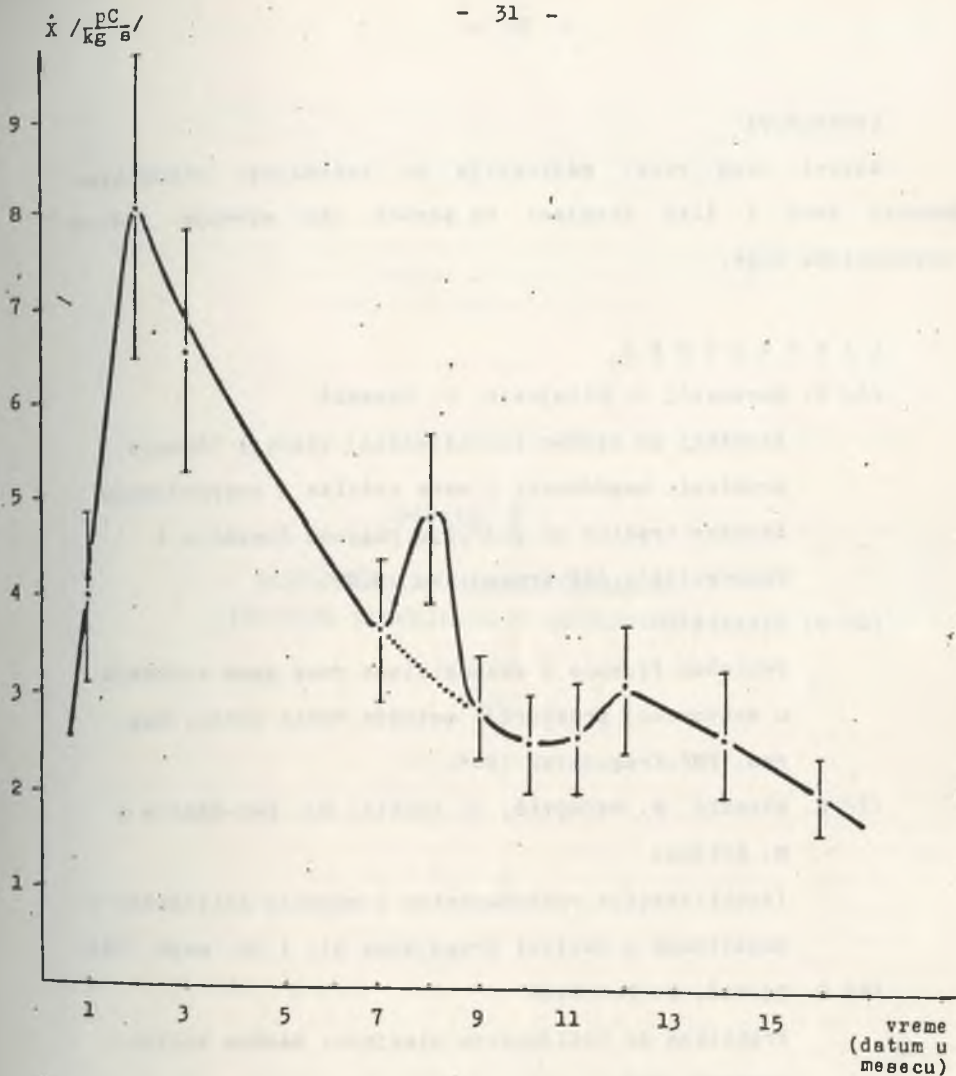
		11	0.2	9.4- 10.1
		11	0.1	10.8
Gruža	01.05.	17,15	1	4.3
Grošnica	01.05.	18	1	2.9

Narednih desetak dana vršena su merenja jačine ekspozicione doze na petnaestak lokacija u samom Kragujevcu. Detaljni podaci dati su u tabeli 2. Merenja su vršena SGM-om.

Promena srednje vrednosti jačine ekspozicione doze sa vremenom data je na grafiku br.1. Primećuje se da posle naglog porasta jačine ekspozicione doze 02.05. dolazi do njenog postepenog opadanja što se i očekivalo. 08.05. došlo je do izvesnog povećanja jačine ekspozicione doze, što se na grafiku jasno primećuje.

TABELA 2. vrednosti jačine ekspozicione doze na raznim lokacijam u Kragujevcu u toku meseca maja 1986.

LOKACIJE	x(pC/kgs)							
datum	07.	08.	09.	10.	11.	12.	14.	16.
1	2	2.5	2	1.5	1.5	3	2	1.5
2	4	4	3.5	3	2.5	4	3	2
3	3	3	2	1.5	2	2	2	1
4	2.5	3	1.5	1.5	2.5	2	1.5	1.5
5	2	2	2	1	1.5	1.5	1	1
6	3.5	3	2.5	2	2	2	1.5	1.5
7	2.5	3.5	2.5	2	1.5	2	1.5	1.5
8	4	4	2	3	2	3	2	2
9	2.5	2.5	4	2.5	2	2	1.5	1.5
10	6	6.5	3.5	4	4	4.5	4	2.5
11	5	5.5	2.5	3	3	4	2.5	1.5
12	4	3	5.5	1.5	2.5	3	2	1.5
13	6	7	4	4	4.5	4.5	5	3
14	4	5.5	-	2.5	2.5	3	3.5	2
15	-	13	-	6	6	7	8	4.5
16	-	4	3	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5
17	-	-	-	2	2	2	2	-
18	-	-	-	1.5	2.5	2	2	-
x(pC/kgs)	3.7	4.6	2.9	2.5	2.6	3.1	2.6	2.0



PROMENA JAČINE EKSPOZICIONE DOZE U  
Kragujevcu u toku meseca maja

## ZAHVALNICA

Autori ovog rada najtoplije se zahvaljuju studentima Subotić Veri i Ilić Sladjani na pomoći oko merenja jačine ekspozicione doze.

## L I T E R A T U R A

/1/ P. Marković, S. Milojević, D. Nikezić

Izveštaj po naučno istraživačkoj studiji "Stanje, problemi, mogućnosti i mere zaštite i unapredjenja životne sredine na području regiona Šumadije i Pomoravlja", PMF-Kragujevac 1986.

/2/ D. Nikezić

Proračun fluensa i ekspozicione doze gama zračenja u zatvorenoj prostoriji metodom Monte Karlo, mag. rad, PMF-Kragujevac 1984.

/3/ D. Nikezić, P. Marković, D. Kostić, Dj. Bek-Uzarov i M. Križman

Identifikacija radionukleida i merenje aktivnosti u padavinama u okolini Kragujevca 01. i 02. maja 1986.

/4/ G. Djurić, B. Petrović

Praktikum za radijacionu higijenu, Naučna knjiga Beograd 1976.

## Sekcija 2

### KONTAMINACIJA ŽIVOTNE SREDINE IZAZVANA ČRNOBILJSKIM AKCIDENATOM



JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
Drugo savetovanje u Kragujevcu, 6.-8. oktobra 1986.  
"IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE  
I PROCENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA"

PROSTORNO-VREMENSKA VARIJACIJA KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$   
I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE  
NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

I. Bikit, J. Slivka, M. Vesković, L. Marinkov, Lj. Čonkić,  
M. Terzić i Ž. Škrbić,

*Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu,  
Dr Ilije Đuričića 4, NOVI SAD*

IZVOD

Prikazani su rezultati sistematskih  $\gamma$ -spektrometrijskih analiza dugoživećih fisionih produkata, koje su izvršene na teritoriji SAP Vojvodine nakon akcidenta u Černobilu. Uzorci zemlje i trave su periodično uzimani sa 5 reprezentativnih lokacija. Na osnovu dobijenih rezultata su identifikovane lokacije sa najvećom koncentracijom i ustanovljena vremenska varijacija koncentracije aktivnosti.

UVOD

Laboratorija za nuklearnu fiziku Instituta za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu je veoma brzo reagovala na vanredne uslove merenja koncentracije aktivnosti  $\gamma$ -emitera u uzorcima okoline koji su nastali iznenadnom havarijom nuklearne elektrane u Černobilu. Kako su opšte metode za određivanje radioaktivnosti uzoraka prirodne sredine u redovnim uslovima već bile uhodane, stručni tim formiran 30.04.86. je u kratkom roku uspeo da propusnu moć Laboratorije prilagodi velikom broju uzoraka okoline i namirnica. 01.05. izmereno je nekoliko uzoraka zemlje, trave i kišnice uzetih iz okoline zgrade Instituta, dok je prvo organizovano sakupljanje uzoraka izvršeno već 02.05. zajedno sa ekipom Instituta za zdravstvenu zaštitu Medicinskog fakulteta u Novom Sadu. Počev od tog dana sistematski i svakodnevno su ispitivani uzorci aerosola, stajaćih voda, zemlje, trave i mleka sa 6 lokacija relativno ravnomerno raspoređenih po teritoriji SAP Vojvodine: Novi Sad, Subotica, Sombor, Kikinda, Vršac i Ruma. Osnovni skup uzoraka od oko 30 dnevno povremeno je dopunjavan i uzorcima raznih vrsta mesa. Ovaj sistem monitoringa odobren je odlukom Grupe za praćenje radiološke situacije formirane ad hoc od strane Pokrajinskog Štaba Civilne zaštite i trajao je do 15.05.86.

12.05.86. formirana je Međuresorska grupa za praćenje

## KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI $^{137}\text{Cs}$ I $^{134}\text{Cs}$ U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE

radioaktivnosti pri Izvršnom veću SAPV koja je prema uputstvu Saveznog komiteta za rad, zdravstvo i socijalnu zaštitu od 09.05. usvojila plan daljeg monitoringa na osnovu podataka o prostornoj raspodeli količine padavina u kritičnom periodu od 01. do 07.05. koju je sačinio Pokrajinski hidrometeorološki zavod u Novom Sadu (sl. 1). Uzorkovanje je predviđeno na 5 osnovnih lokacija: Novi Sad, Apatin, Plandište, Senta i Ruma, na po jednoj svakim radnim danom u sedmici, sa proširenom listom uzoraka. Pored aerosola, oborinske vode, zemlje sa površine (0-5 cm) i trave uvedena je sistematska kontrola voda Dunava i Tise, vode za piće i lokalnih vodovoda, zemlje sa dubine 15-20 cm, tri vrste sezonskog povrća (spanać, salata, luk), te posebno ovčijeg, govedeg i svinjskog mesa. Takođe su uvedene dve kategorije mleka: od stada hranjenih na ispaši i od stada hranjenih ranije pripremljenom suvom hranom. Uzorci ribe donošeni su iz mesta gde postoje otvoreni ribnjaci. Ovakav režim monitoringa (15-20 uzoraka svakog radnog dana) zadržan je do 06.06., kada se odlukom gore spomenute Međuresorske grupe prešlo na analiziranje uzoraka sakupljenih iz po jednog od navedenih mesta sedmično (sa po 15-20 uzoraka). Lista uzoraka ostala je uglavnom nepromenjena, osim što je pored sezonskog povrća uvedeno povremeno uzorkovanje i raznih vrsta voća. Obzirom na već ustaljeni nivo radioaktivnosti, monitoring po ovoj shemi odvijao se do 30.09.86.

### METODOLOGIJA SAKUPLJANJA I PRIPREME UZORAKA PRIRODNE SREDINE

Uzorci aerosola sakupljani su prosisavanjem vazduha kroz standardni filter papir pomoću vazdušnih pumpi sa kalibrisanim protokom. U nedostatku većeg broja pumpi iste vrste korišćena su dva tipa sa kojima se u toku prosisavanja od nekoliko časova dobijao uzorak aerosola iz oko 2-5 m<sup>3</sup>, odn. 100-200 m<sup>3</sup> kod drugog tipa, koji je ostao zadovoljavajući i nakon slabljenja početnog intenziteta radioaktivnosti. Filter papir skinut sa pumpe sečen je i formiran u približno cilindrični oblik uzorka za merenje. Samo merenje vršeno je uvek nakon nekoliko sati od završetka prosisavanja radi smanjenja intenziteta zračenja prirodnih radioizotopa.

Uzorci stajaćih voda (lokve, bare, jezera) sakupljani su direktnim zahvatanjem u plastične sudove od 1 do 25 l. Isti postupak primenjen je kod uzoraka rečne vode. Kišnica je zahvatana preko prihvatnih sudova postavljenih na lokacijama uzorkovanja, pri čemu je, da bi se uklonila eventualna interferencija sa aktivnošću prašine naknadno podignute sa tla,

## KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI $^{137}\text{Cs}$ I $^{134}\text{Cs}$ U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE

predviđeno da se sudovi peru svakog jutra ako je padala kiša, odnosno zatvaraju i zamenjuju posle svake kiše. Uzorci vode za piće uzimani su direktno na slavinama krajnjih potrošača. U uslovima povećane aktivnosti nije bilo neophodno da se svi uzorci vode podvrgnu radiohemijskoj prekoncentraciji izotopa, nego je bilo moguće u razumnom vremenu odrediti koncentraciju aktivnosti odn. njenu gornju granicu mereći količinu od 1 l vode u odgovarajućem cilindričnom držaču uzorka. Kod nekih uzoraka vode, naročito vode za piće, primenjeni su metodi za koncentrisanje radioizotopa: koprecipitacija sa  $\text{MnO}_2$  i primena katjonskih jonoizmenjivača, koji su detaljnije opisani u ref. 1. U ovim slučajevima količina korišćene vode je bila 25-50 l, a kao nosač aktivnosti nakon filtriranja odn. propuštanja i sušenja dobijao se prah  $\text{MnO}_2$  odn. jonoizmenjivač.

Uzorci zemlje sakupljani su uvek na približno istom mestu na datoj lokaciji, površinski sloj sa dubine 0-5 cm i dublji sloj sa dubine 15-20 cm. Priprema se svodila na sušenje na oko  $105^\circ\text{C}$ , usitnjavanje i formiranje cilindričnog uzorka. Koncentracije aktivnosti iskazane su na suhu masu zemlje.

Uzorci trave (i deteline, lucerke) sakupljani su takođe na približno istom mestu odgovarajuće lokacije. Trava je sušena na  $105^\circ\text{C}$ , usitnjena i formirana u nosaču uzorka. U početnom periodu, zbog velikog dnevnog broja uzoraka, aktivnost trave merena je na svežim uzorcima koji su samo presovani.

Aparatura i metodologija merenja opisane su u ovom zborniku u radu istih autora pod naslovom "Koncentracija aktivnosti radionuklida u hrani sa teritorije SAP Vojvodine i procena doze koju je primilo stanovništvo nakon akcidenta u Černobilu".

### PREGLED REZULTATA

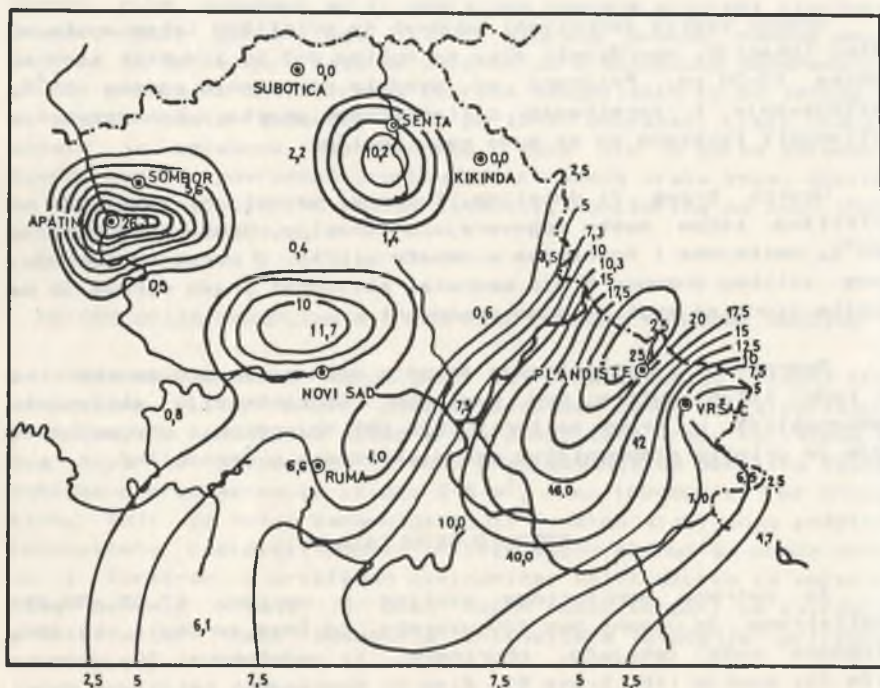
Za potrebe monitoringa okoline u periodu 02.05.-30.09. analizirano je ukupno oko 400 uzoraka, od toga aerosola oko 100, slobodne vode (stajaće, oborinske, iz vodotokova) 70, vode za piće 30, zemlje 110, trave 90, čime su obezbeđeni relativno dobri uslovi za prostornu i vremensku reprezentativnost skupa uzoraka iz prirodne sredine.

Za sve uzorke je sistematski određivana koncentracija aktivnosti sledećih izotopa:  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{132}\text{Te}$  i  $^{90}\text{Zr}$ . Posle 01.06. nisu beleženi  $^{132}\text{Te}$

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$  I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE

i  $^{132}\text{I}$ .

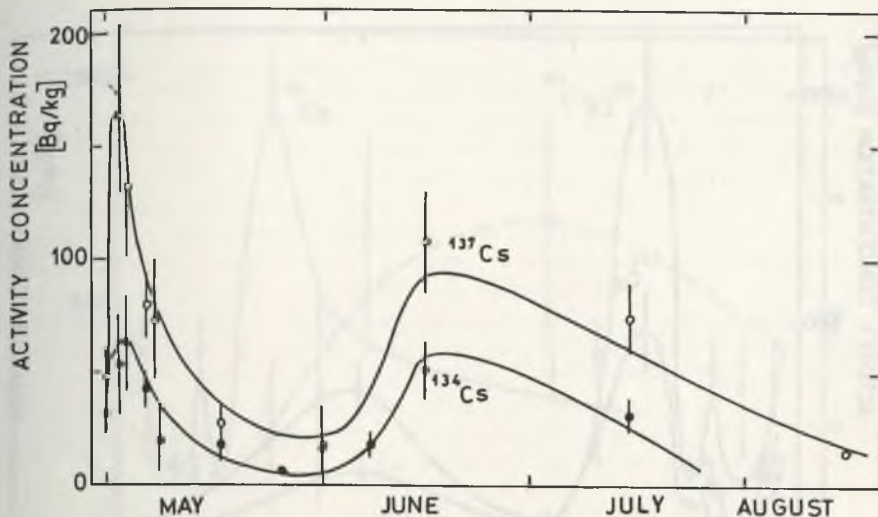
Obzirom na njihov značaj za dugoročnu kontaminaciju okoline, iz obimne mase rezultata ovde izdvajamo podatke o kretanju koncentracije aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u zemlji (kao trajnom rezervoaru radioizotopa) i u travi (kao interesantnoj komponenti u lancu ishrane) u regionu Novog Sada i u regionu Vršac-Plandište za period 01.05.-15.08. Prema prostornom rasporedu količine padavina u periodu 01.-07.05. (sl. 1), podaci za Novi Sad sa okolinom mogu približno reprezentovati prosečne vrednosti za teritoriju SAP Vojvodine, dok podaci za jugoistočni Banat daju uvid u stanje na najugroženijem području njene teritorije.



Slika 1.

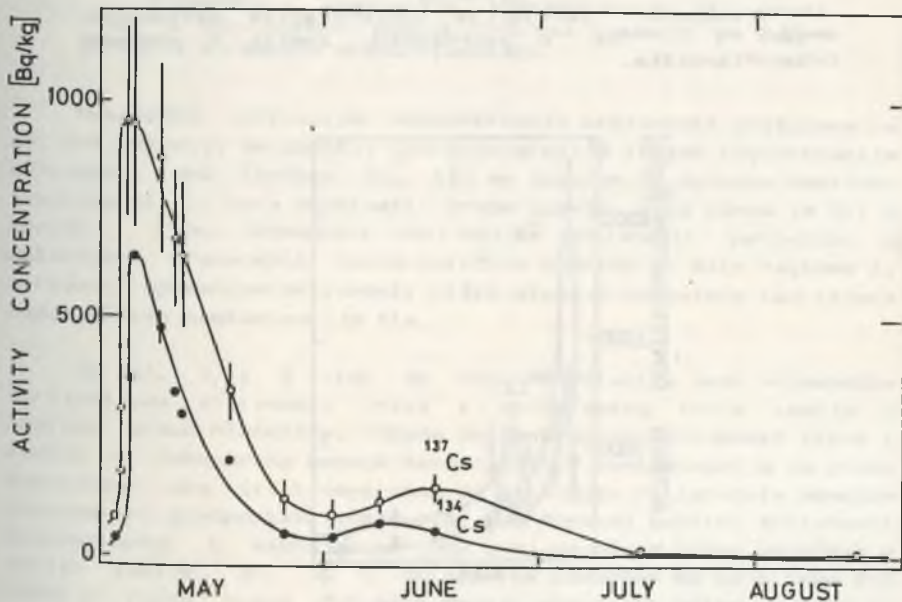
Prostorni raspored količine padavina u SAP Vojvodini u periodu 01.-07.05.1986. (Prema Hidrometeorološkom zavodu SAP Vojvodine).

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$  I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE



Slika 2.

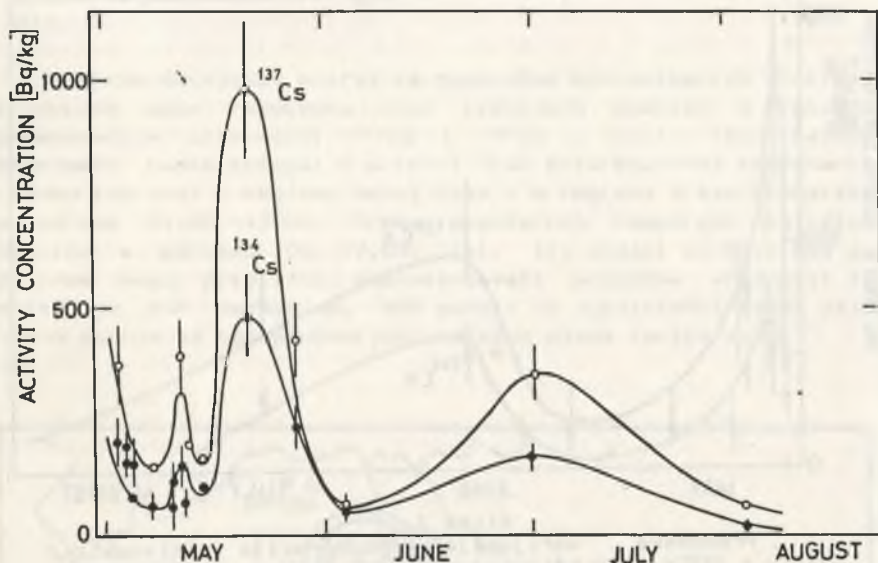
Vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u površinskoj zemlji u regionu Novog Sada.



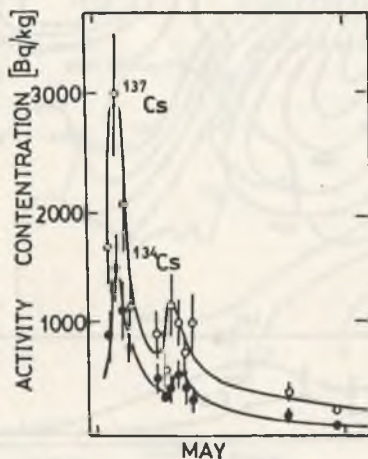
Slika 3.

Vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u travi u regionu Novog Sada.

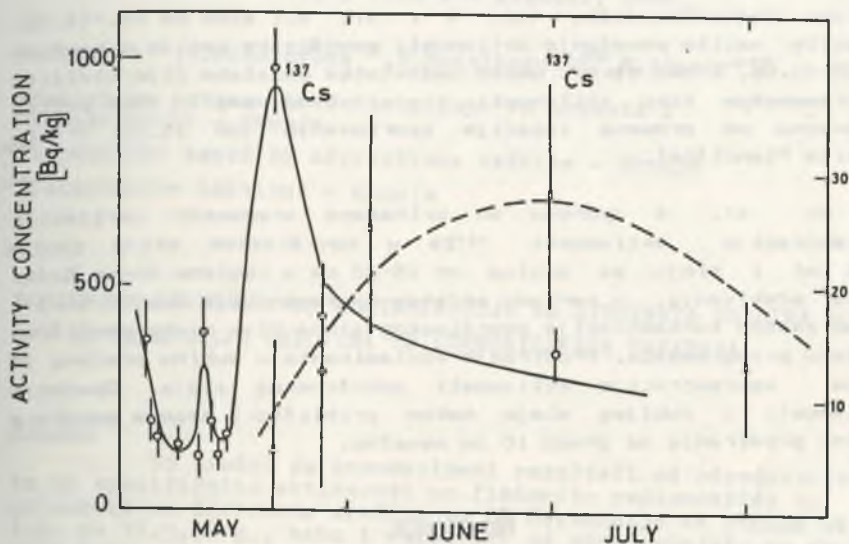
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$  I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE



Slika 4.  
Vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u površinskoj zemlji u regionu Vršac-Plandište.



Slika 5.  
Vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u travi u regionu Vršac-Plandište.

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$  I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE

Slika 6.

Vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u površinskoj zemlji (0-5 cm) i zemlji sa dubine 15-20 cm u regionu Vršac-Plandište.

Vremenske varijacije koncentracije aktivnosti prikazane na sl. 2-6 pokazuju da postoji tesna korelacija između koncentracije aktivnosti oba izotopa Cs, što se obzirom na njihovu hemijsku identičnost i mora očekivati. Grubo uzevši, ovaj odnos je 2:1 u korist  $^{137}\text{Cs}$ . Vremenska varijacija aktivnosti verovatno je uslovljena vremenskim tokom količine oborina za date regione i, naravno, opadanjem aktivnosti viših slojeva atmosfere kao izvora radioaktivne kontaminacije tla.

Sa sl. 2 i 3 vidi se uska korelacija među vremenskim varijacijama aktivnosti trave i površinskog sloja zemlje u regionu Vršac-Plandište. Odnos koncentracija aktivnosti trave i zemlje u toku prvog meseca nakon početne kontaminacije je grubo konstantan oko 6:1 i verovatno je uslovljen recipročnim odnosom gustina pri pretpostavljenoj istoj površinskoj gustini aktivnosti kontaminanta. U kasnijem periodu ovaj se odnos bitno povećava u korist zemlje, što je u skladu sa podatkom da se u toku 2-3 nedelje rasta trave 4-8 puta smanji aktivnost usled narastanja nove nekontaminirane zelene mase [2]. Ovakva korelacija takode se može uočiti u vremenskim varijacijama aktivnosti zemlje i trave u

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI  $^{137}\text{Cs}$  I  $^{134}\text{Cs}$  U PRIRODNOJ SREDINI SAP VOJVODINE U

regionu Vršac-Plandište (sl. 4 i 5), ali samo od 01.-14.05. Izrazito veliko povećanje aktivnosti površinske zemlje u periodu 15.05-01.06. i oko 01.07. usled nedostatka podataka nije vidljivo u vremenskom toku aktivnosti trave. Ovaj nagli skok potiče verovatno od promene lokacije uzorkovanja (do 15.05. Vršac, kasnije Plandište).

Na sl. 6 uporedo su prikazane vremenske varijacije koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u površinskom sloju zemlje (0-5 cm) i sloju sa dubine od 15-20 cm u regionu Novog Sada. Prema očekivanju, u periodu početne kontaminacije dublji sloj i pored znatne kontaminacije površinskog sloja biva slabo onečišćen u toku prvog meseca. Prodiranje kontaminanta u dubinu praćeno je padom koncentracije aktivnosti površinskog sloja. Opadanje aktivnosti i dubljeg sloja nakon približno 2 meseca govori o brzini prodiranja od grubo 10 cm mesečno.

REFERENCE

- [1] T. R. Folsom and C. Sreekumaran, *IAEA Tech. Rep. Series*, 118, 129 (1970).
- [2] M. Jovanović, *Jonizujuća zračenja i životna sredina*, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1983.

SUMMARY

The results of systematic  $\gamma$ -spectroscopic analyses of long lived fission products performed on the territory of SAP Vojvodina after the Chernobyl accident are presented. Samples of soil and grass were periodically taken at 5 representative locations. The regions of highest activity concentration are identified on the basis of the obtained results and the temporal variation of activity concentration was established.

DRUGO SAVETOVANJE:IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I  
PROCENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA  
Kragujevac, 6-8 oktobar, 1986

T.Anovski \*,L.Nikolovska \*,D.Nedelkovski\*\*,M.Adamov\*\*\*

\*Center za primena na radioizotopi vo naukata i  
stopanstvoto - Skopje

\*\*Republički zavod za zdravstvena zaštita - Skopje

\*\*\*Veterinaren institut - Skopje

ZGOLEMENA RADIOAKTIVNA KONTAMINACIJA NA ŽIVOTNATA SREDINA VO  
SR MAKEDONIJA USLOVENA OD ČERNOBILSKATA HAVARIJA

REZIME

Vo trudot se prezentirani rezultati od određivanjeto na specifičnite aktivnosti na fisionite radionuklidi vo primeroci od životnata sredina vo SR Makedonija za period od 1.5. do 31.5.86 g., kako i rezultati od određivanjeto na vkupnata beta radioaktivnost i specifičnite aktivnosti na H-3.

VOVED

Neposredno posle prvite informacii za nastanata havarija vo NE "Lenin" vo Černobil (26.4.86 g.) i prvite registrirani pokačuvanja na stepenot na radioaktivnata kontaminacija na životnata sredina vo SR Makedonija na 1 i 2 maj 1986 g., bea zasileni aktivnostite osobeno vo:Republičkiot zavod za zdravstvena zaštita, zadolžen za sledenje na radioaktivnata kontaminacija na teritorijata na SRM; Oddelenieto za istražuvanje i zaštita na životnata i rabotnata sredina pri Centarot za primena na radioizotopi vo naukata i stopanstvoto izveduvač na naučno istražuvački proekt "Radioekologija na reka Vardar"; Veterinarniot institut izveduvač na naučno istražuvački proekt "Prirodna i rezidualna radioaktivnost vo animalnite produkti, stočnata hrana, vodata i počvata i nivnata teritorijalna distribucija vo SRM", site od Skopje.Iako ne dojde do nekoja posebno adekvatna koordinacija na aktivnostite vo ovie tri institucii, istite vo periodot posle Černobilskata havarija kolektiraa značajni podatoci čija evaluacija treba da sledi. Taka vo prvite četiri nedeli od pokačenata radiokontaminacija vo SR Makedonija, izvršeni se golem broj oprededeluvanja na vkupna beta

radioaktivnost, gama spektrometrski analizi i dr. analizi na primeroci od vazduh, doždovnica, počva, trava, mleko, meso, ovošje, zelenčuk i dr. Vo analizirane primeroci vo najgolemi koncentracii bea prisutni J-131, Cs-137, Cs-134, Ru-103, Ba-140, J-132, no istotaka identifikovano e prisustvo i na Ce-141, Ce-144, Rh-106, Ru-106, Zr-95, Nb-95, H-3 i dr. Vo ovoj period na vreme najgolem akcent beše daden na odreduvanjeto na J-131, koj vo najgolem procent se akumulira vo tiroidnata žlezda, i na Cs-134 i Cs-137 koi so ogled na golemite periodi na poluraspad se očekuva vo narednite godini da bidat prisutni vo značajni koncentracii vo produktite za ishrana./1/

### MATERIJALI I METODI

Primerocite od vazduh se kolektiraa sekojdnevno, tri pati po osum časa i istite vednaš se analizirani gama spektrometrski.

Vrnežite se sobirani vo različni vremenski intervale vo zavisnost od vremenskite uslovi. Neposredno posle sobiranje to, primerocite se filtrirani niz filter hartija i se mereni vo količini od 1 litar.

Primerocite na počva, trava, mleko, meso, ovošje, zelenčuk i dr., kolektirani se od različni delovi na SR Makedonija, homogenizirani i analizirani na radioaktivnata sadržina.

Za gama spektrometrskite analizi koristeneni se poluprovodnikovski detektor, Ge(Li), povrzani so povećekanalni analizatori. Vremeto na kolektiranje na spektrite iznesuvaše od 1000 do 10000 s vo zavisnost od količinata na primerokot i od koncentraciite na identifikovane radionuklidi od interes. Za razlika od opredeluvanje na vkupnata beta aktivnost koja e vršena na antikoincidenten GM brojač, opredeluvanje na koncentracijata na "mekiot" beta emiter tritiumot vršena e na tečen scintilacionen beta spektrometar./2,3/

### REZULTATI I DISKUSIJA

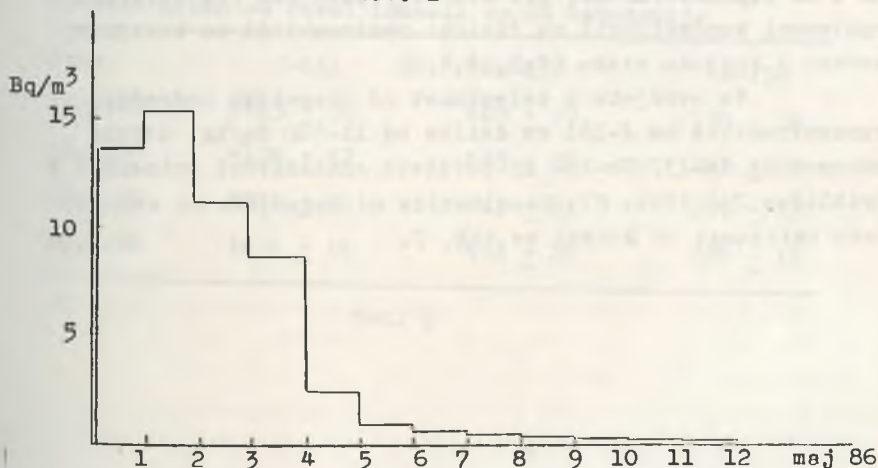
Vrz baza na dobienite rezultati oa izvršene mereња na radiokontaminacijata na vazduhot, vkupnata gama-aktivnost rezultiraše voglavno od prisustvoto na J-131, J-132, Cs-134, Cs-137 i Ru-103 (tab. 1). Vremenskata varijacija na Cs-137 vo vazduhot vo Skopje e dadena na sl. 1. Maksimalni vrednosti na

Cs-137 se dobi na 2.5.86 g. Vo slednite dva dena aktivnost opadna za po 20% od max izmerenata, dodeka na 10 maj ista opadna za okolu 30 pati vo odnos na maksimalnata.

Rezultati\* od gama spektrometriskite analizi na primeroci od filtriran vazduh, kolektiran na 5.5. i 7.5. vo Skopje

radionuklid	data	aktivnost (Bq/m <sup>3</sup> )
Cs-137	5.5.86	4,65 ± 1,37
Cs-134	"	1,20 ± 0,10
J-131	"	12,10 ± 2,32
J-132	"	7,31 ± 1,48
Ru-103	"	8,32 ± 2,25
-----		
Cs-137	7.5.86	2,38 ± 0,15
Cs-134	"	1,01 ± 0,02
J-131	"	7,25 ± 1,34
J-132	"	6,61 ± 1,12
Ru-103	"	4,28 ± 1,51

Tab. 1



Sl. 1 Vremenska promena na koncentracijata na Cs-137 vo vazduhot vo Skopje \*\*

Analizite na doždovnicata od 30.4.86 ne pokažaa prisustvo na fisioni radionuklidi, dodeka vo doždoto od 1.5.86 identifikuvano e prisustvo na radionuklidi rezultirano od havarijata vo Černobil. Maksimalni vrednosti se odredeni na 5.5.86. Vo narednite vrneži na podračjeto na Skopje, na 10.5.86, specifičnite aktivnosti na dadenite radionuklidi (Tab. 2) opadnaa za 10-90 pati.

---

Specifični aktivnosti\* na J-131, Cs-134, Cs-137, La-140 i H-3 vo Bq/l vo doždovnicata vo Skopje

---

data	J-131	Cs-137	Cs-134	La-140	H-3
4.5.86	499 <sub>±10</sub>	51 <sub>±8</sub>	33 <sub>±6</sub>	116 <sub>±12</sub>	450 <sub>±15</sub>
5.5.86	945 <sub>±8</sub>	122 <sub>±4</sub>	66 <sub>±3</sub>	414 <sub>±6</sub>	900 <sub>±50</sub>
10.5.86	46 <sub>±3</sub>	1 <sub>±0,5</sub>	1 <sub>±0,6</sub>	8 <sub>±2</sub>	100 <sub>±5</sub>
30.5.86	14 <sub>±0,3</sub>	4 <sub>±0,2</sub>	<1	16 <sub>±3</sub>	-

---

Tab. 2

Signifikantnoto zgolemuvanje na radioaktivnosta vo doždovnicata predizvika i radioaktivna kontaminacija na trava i na stočnata hrana, pri što od 7.5.86 bea registrirani zgolemeni koncentracii na fisioni radionuklidi vo kravjoto, ovčoto i kozjoto mleko (Tab. 3,4,5)

Vo ovošjeto i zelenčukot od Skopskoto podračje, koncentraciite na J-131 se dvižeaa od 11-500 Bq/kg, dodeka odnosot na Cs-137/Cs-134 vo povečeto analizirani primeroci e približno 2:1 (Tab. 6). Rezultatite od merenjata na vkupnata beta aktivnost se dadeni vo tab. 7.

Specifični aktivnosti\* na J-131, Cs-134, Cs-137 i Ru-103  
vo Bq/l vo kravjo mleko od Skopje

data	J-131	Cs-134	Cs-137	Ru-103
10.5.86	370 $\pm$ 12	108 $\pm$ 10	214 $\pm$ 16	180 $\pm$ 14
15.5.86	245 $\pm$ 10	116 $\pm$ 13	196 $\pm$ 15	164 $\pm$ 7
17.5.86	68 $\pm$ 3	51 $\pm$ 4	77 $\pm$ 5	27 $\pm$ 3
19.5.86	18 $\pm$ 2	22 $\pm$ 3	83 $\pm$ 7	31 $\pm$ 3

Tab. 3

Specifični aktivnosti\* na J-131, Cs-134, Cs-137 i Ru-103  
vo Bq/l vo kozjo mleko od Skopje

data	J-131	Cs-134	Cs-137	Ru-103
10.5.86	166 $\pm$ 9	81 $\pm$ 10	133 $\pm$ 15	101 $\pm$ 10
13.5.86	199 $\pm$ 14	75 $\pm$ 14	194 $\pm$ 26	98 $\pm$ 13
22.5.86	110 $\pm$ 12	78 $\pm$ 13	148 $\pm$ 24	79 $\pm$ 10

Tab. 4

Specifični aktivnosti\* na J-131, Cs-134, Cs-137 vo Bq/l  
vo ovčo mleko od neкои lokaciji vo SR Makedonija

data	J-131	Cs-137	Cs-134
13.5.86	4435 $\pm$ 50	409 $\pm$ 27	195 $\pm$ 16
18.5.86	4128 $\pm$ 52	433 $\pm$ 29	213 $\pm$ 18
19.5.86	5834 $\pm$ 73	483 $\pm$ 31	239 $\pm$ 19
06.6.86	1621 $\pm$ 14	448 $\pm$ 29	227 $\pm$ 19

Tab. 5

Specifični aktivnosti\* na J-131, Cs-134 i Cs-137 vo Bq/kg  
vo primeroci od ovošje i zelenčuk

data	primerok	J-131	Cs-134	Cs-137
13.5.86	creši	80 $\pm$ 10	28 $\pm$ 11	48 $\pm$ 12
14.5.86	"	70 $\pm$ 7	25 $\pm$ 11	45 $\pm$ 10
14.5.86	jagodi	60 $\pm$ 11	70 $\pm$ 14	150 $\pm$ 28
30.5.86	"	11 $\pm$ 3	14 $\pm$ 4	26 $\pm$ 6
23.5.86	loz. list	486 $\pm$ 22	191 $\pm$ 23	351 $\pm$ 27

Tab. 6

Vrednosti\*\* na vkupna beta radioaktivnost vo neкои produkti  
za ishrana Bq/l ili kg

data	primerok	vk. beta radioaktivnost
07.5.86	kravjo mleko	740 $\pm$ 90
"	ovčo mleko	1230 $\pm$ 120
"	kozjo mleko	850 $\pm$ 98
09.5.86	kravjo mleko	685 $\pm$ 83
12.5.86	kozjo mleko	523 $\pm$ 78
13.5.86	ovčo sirenje	1872 $\pm$ 133
23.5.86	ovčo mleko	680 $\pm$ 80
"	ovčo sirenje	1650 $\pm$ 128

Tab. 7

#### Literatura

1. Proceedings of Symposium "Radioecology Applied to the Protection of Man and his Environment" EUR 4800, d-p-i-e, Luxemburg, 1972
2. T. Anovski et al. "Primena izotopskih tehnika kod radioekoloških istraživanja", Zbornik radova X Jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti od zračenja, Arandjelovac, 29.05 - 01.06.1979
3. Report to the IAEA, s coordinated research programme on the problems of the Radioecology of the Danube river, IAEA-TEC.DOC.-229 Vienna (1980)

## SADRŽAJ J-131 I Ru-103 U VAZDUHU KAO POSLEDICA AKCIDENTA U ČERNOBILJU

Patić Dragica, Smiljanić Radmila

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita", Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

### Rezime

Praćenje sadržaja J-131 u vazduhu posle havarije u černobilju vršeno je preko uzoraka vazduha uzetih na kompleksnom skupljaču tipa "May pack" koji je omogućio da se u periodu u kome je primenjen (od 5.maja) dobiju adekvatni podaci o koncentracijama joda u vazduhu.

Sadržaj Ru-103 meren je na uzorcima aerosolnog filtra. Koncentracije rutenijuma određene su iz merenja sa kašnjenjem, obzirom da su merenja vršena na detektoru NaJ (Tl).

U prvim danima posle havarije nuklearne elektrane u černobilju posebna pažnja posvećena je merenju sadržaja J-131 i Ru-103 u vazduhu.

Izmene u frekvenci i postupcima uzorkovanja vazduha započele su već 1.maja.

Posebna pažnja posvećena je uzorkovanju joda, obzirom na njegove specifične osobine kao kontaminanta atmosfere. Naime, veoma je teško precizirati sve oblike joda u kojima se on javlja kao kontaminant atmosfere, jer gradi različita stabilna jedinjenja i u principu može da bude prisutan u svakom fizičkom obliku i raznim hemijskim stanjima. Prema načinu na koji mogu da budu izdvojeni iz atmosfere razlikuju se aerosolna i gasovita frakcija joda. Posebno je raznolika gasovita frakcija joda koja u atmosferi može da se javi u obliku elementarne jodne pare (redje), jodovodonika, metil jodida i njegovih homologa, kao i neidentifikovanih organskih jedinjenja joda velike molekulske težine. Koji će od ovih oblika joda u datim uslovima biti dominantan zavisi od nečistoće atmosfere, vlažnosti, porekla joda i koncentracije, pa je razumljivo da se pitanju uzorkovanja joda iz vazduha poklanja posebna pažnja.

U periodu od 1.-4.maja uzorkovanje joda vršeno je na ugljem impregniranom filtru Whatman ACG/D koji ima povećanu efikasnost u odnosu na aerosolni filter papir, jer zadržava i jedan deo hemijski manje aktivne komponente koja bi trebalo da bude zadržana tek na aktivnom uglju. Međutim, kako ni ovaj filter nije efikasan za sve oblike joda, počev od 5.maja aktivirana je metodologija uzimanja uzoraka joda iz vazduha na kompleksnom skupljaču tipa "May pack", koji smo 1969.godine realizovali u našoj laboratoriji /1/. Komponente ovog kompleksnog skupljača su aerosolni filter, dva ugljem impregnirana filtra i šest slojeva aktivnog uglja, svaki debljine 1 cm. Ovaj sistem zadržava praktično sav jod iz zapremine vazduha koja je kroz njega propuštena.

Promene koncentracija J-131 u vazduhu za period 5.-20.maj 1986.g., na lokaciji Instituta "Boris Kidrič" u Vinči, prikazane su na grafiku 1. Prikazani su rezultati maksimalnih polučasovnih vrednosti koncentracija u toku dana. U ovom periodu maksimalna vrednost zabeležena je izmedju 5. i 6.maja. Sve do 10.maja koncentracije J-131 u vazduhu bile su iznad  $1 \text{ Bq/m}^3$ , da bi tek posle 20.maja opale ispod  $0,1 \text{ Bq/m}^3$ . U tabeli 1 prikazane su zastupljenosti pojedinih oblika joda u vazduhu. Kao što se vidi postoje razlike u zastupljenosti različitih oblika joda u različitim uzorcima, što je razumljivo s obzirom na broj činilaca u slobodnoj atmosferi koji utiče na predominantnost pojave određenog oblika joda u vazduhu.

Sadržaj Ru-103 u vazduhu određivan je iz dvadesetčetvoročasnih uzoraka vazduha uzetih na aerosolnom filtru (efikasnost 0,80), iz velike zapremine vazduha (oko  $600 \text{ m}^3$ ). Rezultati merenja prikazani su na grafiku 2. Uočena su dva maksimuma koncentracija - prvi je zabeležen izmedju 1 i 2.maja, a drugi izmedju 5 i 6.maja.

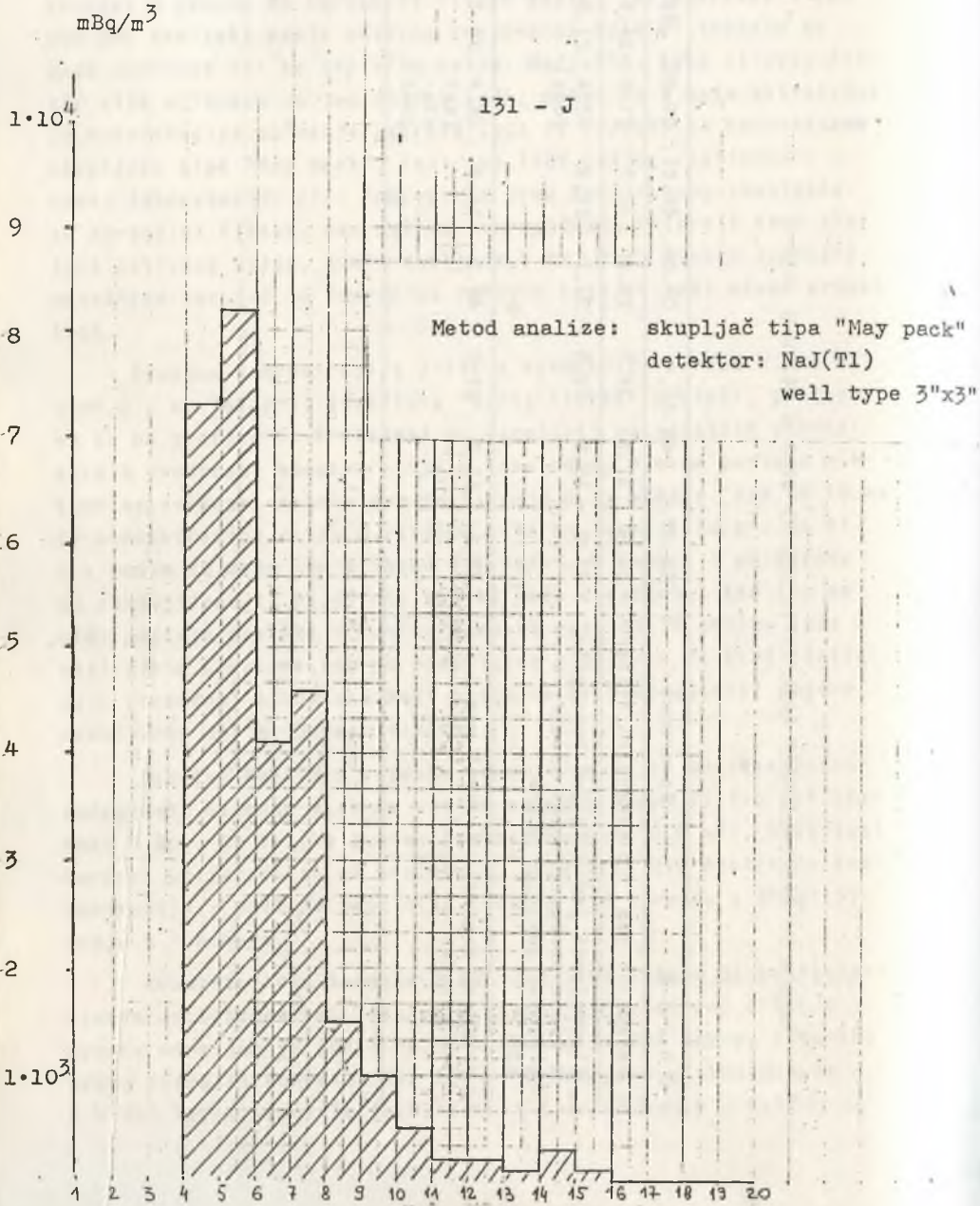
Kvantitativno merenje J-131 i Ru-103 vršeno je scintilacionim detektorom NaJ(Tl), well type 3"x3". Sadržaj J-131 u uzorku određen je preko fotopika energije 364 KeV-a, a Ru-103 preko fotopika energije 497 KeV-a. Procenjena efikasnost za  $E = 364 \text{ KeV-a}$  iznosila je 0,45 a za  $E = 497 \text{ KeV-a}$  - 0,32.

Tabela 1. ZASTUPLJENOST RAZLIČITIH OBLIKA JODA U VAZDUHU (%)

O b l i k	Apsorbens	05.05.	06.05.	07.05.	08.05.	09.05.	Opseg
1. Aerosolni jod	Aerosolni filter	37.9	31.1	34.8	26.0	36.3	21.5-37.9
2. Elementarni jod i manje prodorna organska jedinjenja	Ugljem impregnirani filter ACG/B	42.0	35.6	32.5	31.7	27.8	42.4-42.4 (oba)
3. Prodorna organska jedinjenja	Aktivni ugalj	20.1	33.3	31.7	42.3	35.9	36.9-42.3 (svi slojevi)



INO INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE - BORIS KIDRIČ - VINČA  
ODOR Institut za zaštitu od zračenja  
i zaštitu životne sredine - ZASTITA, s. r. l. sub. o.



maj, 1986.



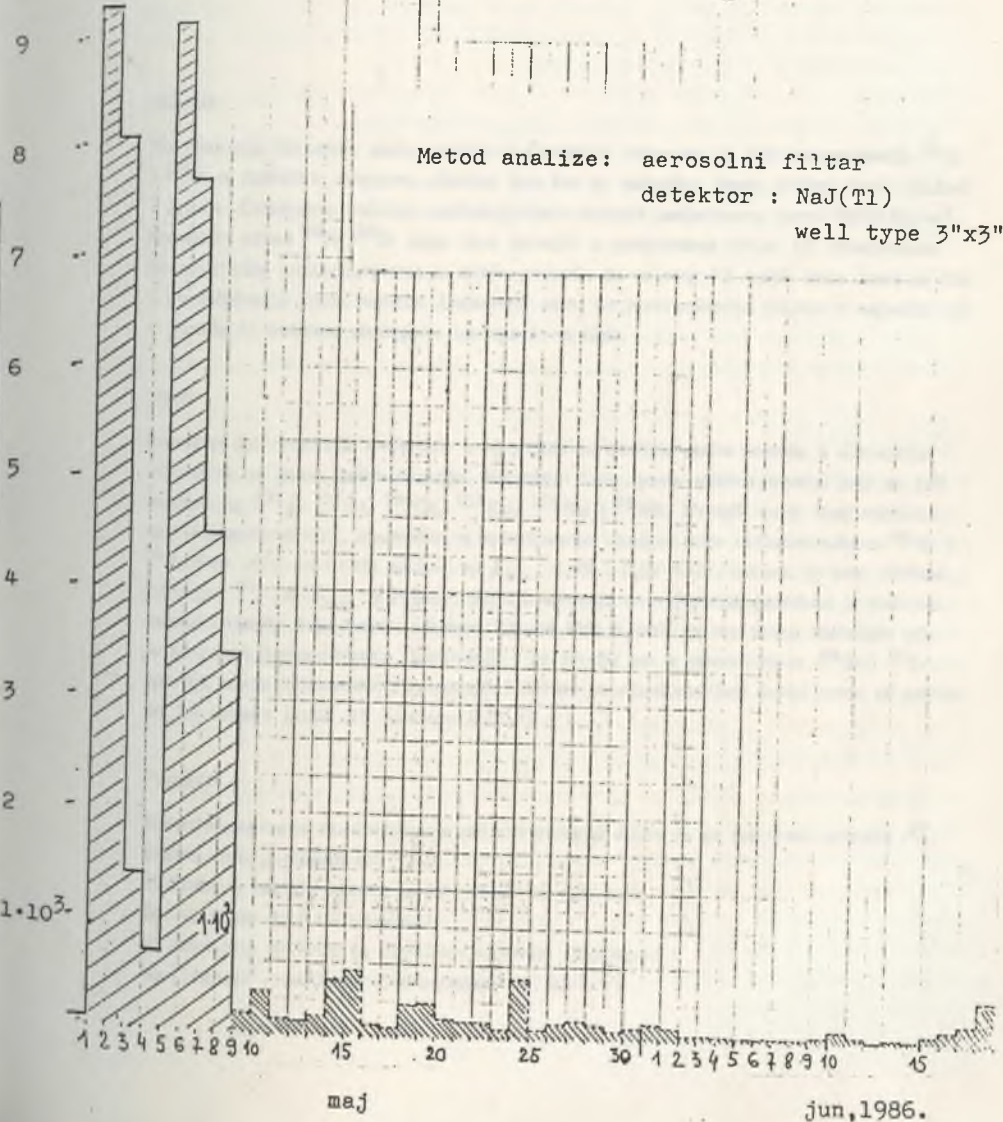
INO INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIĆ", VINČA  
OOUR Institut za zaštitu od zračenja  
i zaštitu životne sredine "ZASTITA", sa o. sub. o.  
11001 Beograd, p.p. 522

mBq/m<sup>3</sup>

1.10<sup>4</sup>

103 - Ru

Metod analize: aerosolni filter  
detektor : NaJ(Tl)  
well type 3"x3"



ma j

jun, 1986.

Literatura:

1. Patić D., Jovanović O., Smiljanić R. - Ispitivanje karakteristika kompleksnog skopljača joda namenjenog kontroli radioaktivne kontaminacije vazduha, Zbornik radova sa IV Simp. JDZZ, 603-610, Baško Polje, 1969.

# KONCENTRACIJE RADIOSTRONCIUMA U UZORCIMA OKOLINE POSLE NESREĆE U ČERNOBILU

K. Južnič i Š. Fedina

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana  
Slovenija

## Sažetak

Na području Slovenije posle nesreće u Černobilu izmerene su bile koncentracije  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u različitim uzorcima okoline kao što su padavine, trava, mleko, razni plodovi i zemlja. Celokupna količina radiostronciuma dospela padavinama iznosi  $5800 \text{ Bq/m}^2$ . Prosečan odnos  $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$  koga smo odredili u padavinama iznosi 12. Maksimalne koncentracije radiostronciuma u mleku pojavile su se oko 12. maja, onda kada je bila i kontaminacija trave najveća. Ustanovili smo, da kontaminacija biljaka u najvećoj meri potiče iz direktne absorpcije izotopa kroz lišće.

## Uvod

Pretežan deo meritava aktivnosti u uzorcima iz okoline posle nesreće u Černobilu odnosi se na gama spektrometriju. Najvažniji beta, gama aktivni izotopi koji su bili merjeni su  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  i  $^{95}\text{Nb}$ . Mnogo manji broj merjenja, radi komplikovanosti, obuhvatio je određivanje koncentracija radiostronciuma.  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  jesu izključivo beta emiteri sa  $E_{\text{max}}$  1,48 i 0,54 MeV; takođe je beta aktivan potomak  $^{90}\text{Y}$  sa  $E_{\text{max}}$  2,2 MeV. Za određivanje ovih izotopa potrebna je radiohemijska izolacija koja traje u slučaju kišnice oko 5 sati, za sve druge materijale gde je potrebno koncentrisanje, spaljivanje i za zemlju pa je znatno duža.  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  spadaju među visokotoksične izotope i njihov najviši dozvoljeni oralni unos za period od tri meseca iznosi 24 odnosno  $0,8 \mu\text{Ci}$  (1).

## Postupak

Glavnina postupka za određivanje radiostronciuma slična je za sve vrste uzoraka (2).

Glavne faze postupka su:

- 1) Početna obrada uzorka i raztvoravanje Ca i Sr soli.
- 2) Taloženje Sr i Ca oksalata.
- 3) Odvajanje Sr i Ca sa dimečom azotnom kiselinom.
- 4) Čišćenje stronciuma (otstranjivanje Ba, Ra i Y).

- 5) Priprema  $\text{SrCO}_3$  i merjenje totalne aktivnosti  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$ .  
6) Izolacija  $^{90}\text{Y}$  posle rasta za određeno vreme i merenje njegove aktivnosti za određivanje aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$ .

Faza 1), koja je različita za pojedine vrste uzoraka je sledeća:

- a) Kišnica: — na 2 lit. uzorka dodamo Sr—nosioc i 1 do 2 g  $\text{CaCl}_2$ .  
Zatim taložimo oksalate pri pH 4 do 5.  
Površinska i podzemna voda: — pošto su koncentracije radiostronciuma dosta niske za analizu uzima se 10 do 15 lit. Posle dodavanja Sr—nosioca uzorak koncentrišemo izparavanjem a zatim taložimo oksalate.
- b) Mleko (2): — na 1 lit. mleka dodamo Sr—nosioc i koaguliramo proteine sa koncentrovanom azotnom kiselinom. Posle separacije taložimo oksalate.
- c) Organski materijali: — ovi materijali kao n.p. biljke i plodovi najpre se suše na  $110^\circ\text{C}$  pa zatim spaljuju najpre sa određenim pristupom vazduha na temperaturi od  $550^\circ\text{C}$ . Pepeo se izlučuje sa sonom kiselinom uz prisustvo Sr—nosioca. Posle separacije talože se oksalati.
- d) Zemlja (4): — 200 g zemlje izlučuje se sonom kiselinom uz prisustvo Sr—nosioca. Po separaciji u rastvoru kompleksiramo trivalentne ione sa citratom kod pH 5 pa raztvor propuštamo kroz ionsko izmenjivačku kolonu gde se adsorbiraju Ca i Sr. Posle eluiranja sa citratom kod pH 10 taložimo oksalate.

## Rezultati i diskusija

Kišnicu za analize posle nesreće sakupljali smo u određenim časovnim periodama u skladu sa vremenskim uslovima. Maksimum aktivnosti kao što se vidi iz Tabele 1 nastupio je u vreme između 3. i 6. maja. Ukupna količina radiostronciuma koja je pala sa kišom iznosi 5750 a posebno  $^{90}\text{Sr}$  420  $\text{Bq}/\text{m}^2$ .

Pored u kišnici izvršena su brojna merenja radiostronciuma i u uzorcima od naročito interesa kao što su trava, mleko, površinske vode i zemlja. Rezultati su prikazani u Tabeli 2. Što se tiče trave može se zaključiti, da relativno visoka aktivnost odmah posle kiše potiče pretežno iz direktne absorpcije izotopa kroz lišće. Naime u zemlji bi se izotopi razredili sa elementima koji imaju slične hemijske osobine pa bi tako kontaminacija biljka putem korenja bila znatno niža.

Aktivnost trave bila je u junu znatno niža delimično radi rasta a delimično radi izmene mineralnih komponenti sa zemljom. Radiostroncium u mleku pojavio se u povećanim koncentracijama relativno brzo posle nesreće. Povećanje je zavisilo od načina ishrane i od vode potrebne za napajanje stoke. Najveća koncentracija u mleku određena je u uzorku od krave koja se hranila isključivo svežom hranom. Ova koncentracija iznosi 29  $\text{Bq}/\text{lit}$ . i odnosi se na krevu, koja je hranjena travom sadržine do 950  $\text{Bq}$  radiostronciuma na kg. Pre nesreće varirale su koncentracije  $^{90}\text{Sr}$  u mleku od 0.08 do 0.2  $\text{Bq}/\text{lit}$ .

Tabela 1.  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  koncentracije u kišnici posle nesreće u Černobilu na području Ljubljane

Perioda sakupljanja	Zapremina kišnice (lit./m <sup>2</sup> )	Aktivnost u Bq./lit.	
		Sr-90, Sr-89	Sr-90
April 30 do Maj 2	7,2	28,6	2,9
Maj 3 do Maj 5	6	348	22
Maj 6 do Maj 8	7,2	341	28
Maj 8 do Maj 9	8	58	3,9
Maj 10 do Maj 18	10	12,5	1,1
Maj 19 do Maj 29	58	2,1	0,36
Maj 29 do Juni 2	92	0,7	0,058
Juni 2 do Juni 4	9,2	0,3	0,025
Juni 4 do Juni 6	48	0,088	0,008
Juni 7 do Juni 13	8	0,35	
Juni 13 do Juni 18	30	0,14	

Koncentracije  $^{90}\text{Sr}$  u Savi pre nesreće iznosile su oko 0,005 Bq/lit.

Posle nesreće porastla je koncentracija radiostroncijuma na 0,15 Bq/lit. a već u junu iznosila je 0,045 Bq/lit. Pošto deo stanovništva upotrebljava za piće i za pojenje životinja vodu iz bunara gde se sakuplja kišnica, izmerili smo koncentraciju radiostroncija u bunaru gde se sakuplja kišnica i gde dotok vode nije bio prekidan. Aktivnost vode je porastla na 18 Bq/lit., da bi zatim relativno brzo upala na 2 Bq/lit. Koncentracija  $^{90}\text{Sr}$  u voću i povrću kao što su salata, korenje i kupus u 1985 godini varirala je od 0,2 do 1 Bq/kg <sup>(5)</sup>. Posle nesreće koncentracija radiostroncijuma u voću bila je vrlo različita od 2,5 do 15 Bq/kg za jagode odnosno borovnice. Pre nesreće aktivnost zemlje iznosila je od 2 do 10 Bq  $^{90}\text{Sr}$  na kg, dok se je posle konc. totalnog radiostroncijuma skoro udvostručila ali pretežno na račun  $^{89}\text{Sr}$  <sup>(4)</sup>.

Koncentracije  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u nekim uzorcima iz Tabele 2 date su u Tabeli 3. Odnos  $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$  približno je 2 : 1. Totalna aktivnost radiocesijuma u travi bila je približno 1,3 puta veća nego aktivnost radiostroncijuma, dok je taj odnos u mleku znatno veći.

Tabela 2. Koncentracija  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u bilju, plodovima i mleku

Uzorak i lokacija	Datum sakupljanja	Aktivnost u Bq/lit. (kg)	
		Sr-89, Sr-90	Sr-90
Mleko, Kranj	Maj 4	3	0,45
Mleko, pri Soči	Maj 4	14,8	1,6
Trava, Ajdovščina	Maj 12	949	103
Mleko, Ajdovščina	Maj 12	29	3,6
Trava, Ljubljana	Maj 29	272	
Trava, Ajdovščina	Juni 4	378	
Mleko, Ajdovščina	Juni 4	22,9	
Trava, Sanabor	Juni 4	176	19,3
Mleko, Sanabor	Juni 4	14,9	
Bunar, Sadinja vas	Maj 11	18	
Bunar, Sadinja vas	Juni 28	2,1	
Reka Sava	Maj 11	0,15	0,04
Reka Krka	Maj 11	0,23	
Borovnice	Juli 6	15	7,6
Solata, Brege	Juni 6	2,7	0,87
Solata, Pesje	Juni 6	11	2,1
Jajca, Mrtvice	Juli 8	9,1	1,6
Zemlja, Gmajnice (0-5 cm)	Juli 7	11	6,5
Zemlja, Trnje (0-5 cm)	Juli 7	4,8	3,9

Tabela 3. Koncentracije  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u nekim uzorcima iz Tabele 2.

Uzorak i lokacija	Datum sakupljanja	Aktivnost u Bq/lit. (kg)	
		Cs-134	Cs-137
Mleko, Ajdovščina	Juni 4	$33 \pm 0,5$	$76 \pm 1$
Trava, Ajdovščina	Juni 4	$153 \pm 2$	$340 \pm 3$
Mleko, Sanabor	Juni 4	$41 \pm 1$	$86 \pm 1$
Trava, Sanabor	Juni 4	$68 \pm 2$	$145 \pm 2$
Reka Sava	Maj 11	0,21	0,43
Reka Krka	Maj 11	0,22	0,49

## LITERATURA

- 1) R.C. Weast, Handbook of Chem. and Phys., 55<sup>th</sup> Ed., B-406 (1974), Chem. Rubber Publ. Co.
- 2) H.L. Volchok, G. de Plaque, EML Procedure Manual (1983) US Dept. of Energy, 376 Hudson Street, N.Y. 10014.
- 3) K. Južnič, S. Fedina, Frezenius Z. Anal. Chem. 323 (1986) 261.
- 4) U. Miklavžič, IJS Report, DP-4284, Ljubljana 1985.

## II SAVJETOVANJE JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE  
I PROCJENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA  
Kragujevac, 6-8.10.1986.

PROCJENA KONTAMINACIJE PODRUČJA SR HRVATSKE  
PUTEM RADIOAKTIVNIH OBORINA KAO POSLJEDICA  
NESREĆE U NE "LENIN"

D. Barišić, K. Košutić, K. Kvastek, S. Lulić, J. Tuta, A. Vertačnik, A. Vrhovac\*

\*Centar za Istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

\*Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

### UVOD

Nakon havarije četvrtog reaktora u NE "Lenin" u Černobilu (SSSR), došlo je do otpuštanja velike količine radionuklida (prema Sovjetskim podacima  $1,85 \times 10^{18}$  Bq bez plemenitih plinova preračunato na 6.05.1986.) koji su atmosferskim strujanjima raspršeni nad većim dijelom sjeverne hemisfere. "Ispiranjem" atmosfere oborinama i procesom suhog taloženja čestica, glavina oslobodjenih radionuklida je dospjela na površinu Zemlje (vodene površine, tlo, vegetaciju, gradjevine - u daljnjem tekstu podlogu).

U ovom radu načinjena je procjena nivoa radioaktivne kontaminacije podloge (kopneno područje SR Hrvatske) na osnovi količina oborina i izmjerenih vrijednosti radioaktivnosti oborina u periodu od 28.04. u 8 sati do 20.05.1986. u 8 sati.

### METODE uzorkovanja i mjerenja

Uzorci oborina sakupljani su na meteorološkim stanicama Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda SR Hrvatske (karta br. 1) i dostavljeni u Laboratorij za nuklearnu kemiju i radioekologiju OOUR-a Centar za istraživanje mora Zagreb Instituta "Rudjer Bošković", Zagreb. Uzorci oborina sakupljani su u čiste plastične posude (volumen 0,5 ili 1 litra), tako da je u istu posudu sakupljan kompozitni uzorak svih oborina koje su na danj lokaciji podale unutar 24-satnog intervala. Uzorci su datirani datumom završetka svakog 24-stanog intervala, koji traje od 8 sati ujutro do 8 sati ujutro slijedećeg dana. U periodima kada nije bilo oborina, lijevak je prekrivan plastičnom folijom zbog zaštite od moguće kontaminacije uslijed suhog taloženja čestica. Količina oborina mjerena je kišomjerom ili ombrografom smještenim u neposrednoj blizini uređaja za sakupljanje kompozitnog uzorka oborina.

Radioaktivnost uzoraka oborine mjerena je u posudama poznate geometrije na Ge(Li) detektoru povezanom s 4096 kanalnim analizatorom. Uzorci oborina nisu bili posebno tretirani nekim fizičko-kemijskim postupcima. Vrijeme mjerenja pojedinog uzorka iznosilo je od 1000 do 5000 sekundi, ovisno o količini i radioaktivnosati uzorka. U ovom radu kao radioaktivnost oborine uzeta je suma radioaktivnosti radionuklida:  $^{103}\text{-Ru}$ ,  $^{131}\text{-J}$ ,  $^{132}\text{-Te}$ ,  $^{134}\text{-Cs}$ ,  $^{137}\text{-Cs}$  i  $^{140}\text{-Ba-La}$ .



Karta br. 1

Vremena poluraspada, karakteristične gama energije i njihovi intenziteti za gore navedene radionuklide dani su u Tablici 1.

U Tablici 2 prikazani su svi radionuklidi ( $\beta$  i  $\gamma$  emiteri) koje smo registrirali i njihov postotni udio u uzorku oborine od 4.05.1986. Vidljivo je da radionuklidi koji u ovom radu nisu sustavno obradjeni i uzeti u procjenu nivoa radioaktivne kontaminacije područja SR Hrvatske čine manje od 10% ukupne radioaktivnosti oborine. Radioaktivnost kratkoživućih radionuklida ( $^{103}\text{-Ru}$ ,  $^{131}\text{-I}$ ,  $^{132}\text{-Te}$  i  $^{104}\text{-Ba-La}$ ) preračunata je na datum uzorkovanja, dok radioaktivnost dugoživućih ( $^{134}\text{-Cs}$  i  $^{137}\text{-Cs}$ ) nije korigirana.

## REZULTATI MJERENJA i procjena nivoa radioaktivne kontaminacije podloge

Na Slici 1 prikazane su maksimalne i minimalne izmjerene vrijednosti radioaktivnosti u 1 litri oborine s 22 lokacije s područja SR Hrvatske po pojedinim danima u periodu od 28.04.-23.05.1986. U periodu od 28.04.-1.05.1986. na više lokacija (istočna Slavonija, srednja i južna Dalmacija) oborine nisu bile radioaktivne, tj. radioaktivni "oblak" koji je u prvom valu stigao sa sjeverozapada nije zahvatio cijeli teritorij SR Hrvatske. Rezultat te činjenice je veliki rasap mjerenih radioaktivnosti na početku promatranog vremenskog perioda. Nakon 1.05.1986. drugi val radioaktivnosti, koji je stigao u sjeveroistočnoj zračnoj struji, zahvatio je relativno homogeno čitav teritorij SR Hrvatske.

TABLICA 1.

Radionuklid	$E_{\gamma}$ (KeV)	$T_{1/2}$ (dani)	I (%)
$^{103}\text{Ru}$	497,0	39,35	86,4
$^{131}\text{J}$	364,4	8,04	81,2
$^{132}\text{Te}-^{132}\text{J}$	228,1	3,25	88,5
$^{134}\text{Cs}$	795,7	753	85,4
$^{137}\text{Cs}$	661,6	10723	84,6
$^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$	1596,2	12,8	95,4

Prema: Erdtmann, G. & Soyka, W. (1979): "The Gamma Rays of the Radio-nuclides", Verlag Chemie, Weinheim, New York.

TABLICA 2.

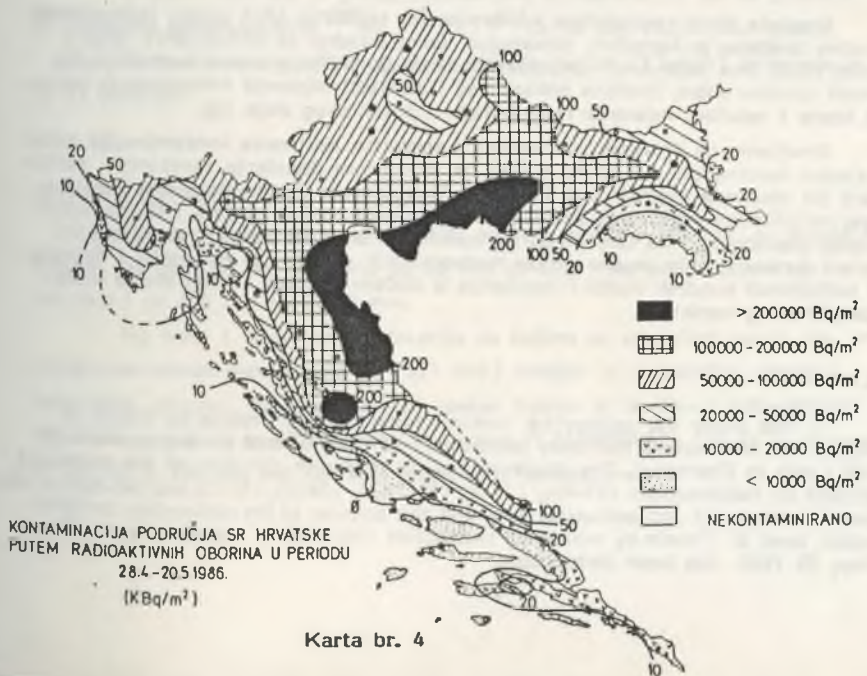
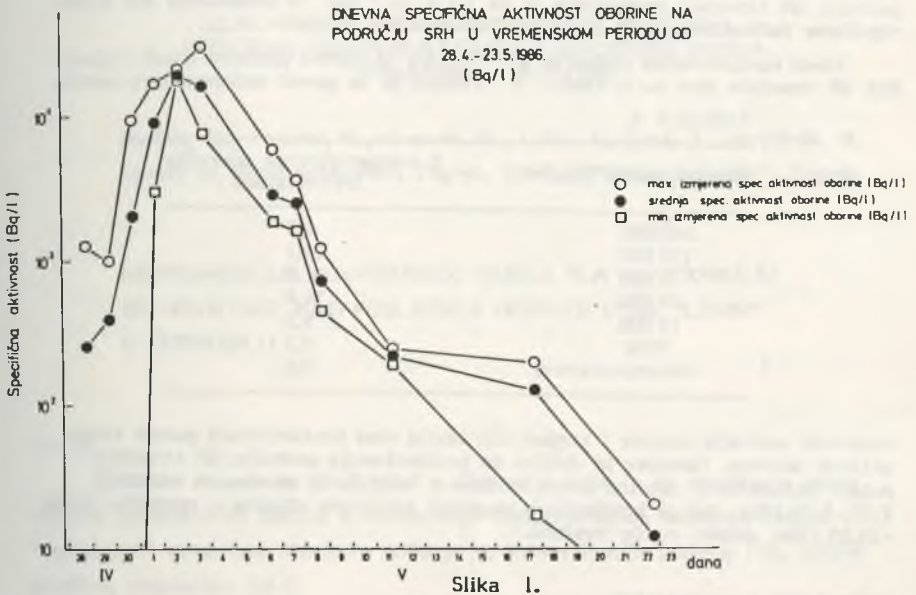
Radionuklid	%	Radionuklid	%
$^{131}\text{J}$	36,3	$^{141}\text{Ce}$	1,4
$^{132}\text{Te}-^{132}\text{I}$	35,7	$^{144}\text{Ce}$	0,9
$^{103}\text{Ru}$	11,8	$^{95}\text{Zr}$	0,7
$^{137}\text{Cs}$	4,1	$^3\text{H}$	0,5
$^{99}\text{Mo}$	2,7	$^{125}\text{Sb}$	0,4
$^{106}\text{Ru}$	2,2	$^{89}\text{Sr}$	0,3
$^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$	2,1	$^{90}\text{Sr}$	0,1
$^{134}\text{Cs}$	2,0	$^{110m}\text{Ag}$	$2 \times 10^{-2}$

Ukupna količina radionuklida koja je u periodu 28.04.-20.05.1986. putem oborina dospjela na podlogu, prikazana je u ovom radu kao ukupna kontaminacija podloge. Svaka pojedinačna kontaminacija podloge putem radioaktivnih oborina predstavlja umnožak količine radioaktivne oborine ( $1/\text{m}^2$ ) i radioaktivnosti te oborine ( $\text{Bq/l}$ ). Kako kontaminacija podloge bitno ovisi o količini oborina, a oborina je najpromjenljivija meteorološka veličina s obzirom na prostor i vrijeme, u detaljnu su analizu uključeni podaci o količinama oborina dobiveni s dodatnih 48 lokacija. Procjena radioaktivnosti na tim lokacijama za svaki dan u razdoblju od 28.04. do 20.05.1986. izvršena je metodom interpolacije mjerenih radioaktivnosti oborina na najbližim lokacijama.

Količine oborina na području SR Hrvatske u razdoblju 28.04.-20.05.1986. (Karta br. 2), te u razdoblju 2.05.-5.05.1986. (Karta br. 3) prikazane su pomoću karata izohieta.

Ukupne vrijednosti kontaminacije podloge na području SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina u razdoblju 28.04.-20.05.1986. prikazane su na Karti br. 4.





Količina radioaktivnosti koja je putem radioaktivnih oborina kontaminirala područje SR Hrvatske procjenjena je na  $5,2 \times 10^{15}$  Bq. To predstavlja cca 0,28% otpuštene radioaktivnosti iz oštećenog reaktora NE "Lenin".

Nivoi kontaminacije područja SR Hrvatske te njihovi postotni udjeli u površini SR Hrvatske dani su u Tablici 3. Vidljivo je da pored relativno jako konta-

TABLICA 3.

Kontaminacija (Bq/m <sup>2</sup> )	% kontaminiranog područja SR Hrvatske
240 000	9,3
150 000	26,1
75 000	31,0
35 000	16,8
15 000	8,0
5000	8,2
nekontaminirano	0,6

miniranih područja postoje i krajevi koji uopće nisu kontaminirani putem radioaktivnih oborina. Također je vidljivo da kontaminacija područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina dobro korelira s količinama oborina za razdoblje 2.05.-5.05.1986, dok je korelacija s ukupnom količinom oborina u razdoblju 28.04.-20.05.1986. daleko manje izražena.

## ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Procjena nivoa radioaktivne kontaminacije teritorija SRH putem radioaktivnih oborina izvedena je korektno, zahvaljujući uskoj suradnji sa RHMZ-SRH koji u svojoj mreži ima velik broj meteoroloških stanica. Da je procjena kontaminacije putem oborina dobro izvedena pokazali su i rezultati mjerenja mnogobrojnih uzoraka hrane i rezultati mjerenja radioaktivnosti površinskog sloja tla.

Smatramo da Pravilnik o mjestima i rokovima ispitivanja kontaminacije radioaktivnim tvarima (Sl. list SFRJ 40/86) ne omogućava donošenje korektnih zaključaka jer obuhvaća premali broj lokacija. Zbog toga je neophodno uvesti kontinuirano sakupljanje i analiziranje radioaktivnosti uzoraka zraka, oborine i tla po jedinstvenoj metodologiji na užoj mreži meteoroloških stanica. Zatim treba razraditi sistem funkcioniranja ukupne mreže meteoroloških stanica, te usaglasiti i definirati nadležnosti stručnih službi i institucija u slučaju vođenja sličnih akcija multidisciplinarnog karaktera.

## SUMMARY

In this paper the radioactive contamination level in Croatia by means of radioactive rain waters has been described, was been caused by the accident of NPP Lenin in Chernobyl. The displayed results represent the sum of the measured activity of radionuclides 103-Ru, 131-I, 132-Te-I, 134-Cs, 137-Cs and 140-Ba-La. On the basis of measured and evaluated data and the scheme of the radioactive contamination level in Croatia by means of radioactive rain waters between April, 28 to May, 20 1986 has been constructed.

## II. SAVJETOVANJE JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

### IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I PROCJENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA Kragujevac, 6-8.10.1986.

Barišić, D., Košutić, K., Kvastek, K., Lulić, S., Tuta, J., Vertačnik, A.  
Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

### KONTAMINACIJA POVRŠINSKOG DIJELA TLA NA PODRUČJU SR HRVATSKE KAO POSLJEDICA NESREĆE U NE "LENIN" U ČERNOBILU

#### UVOD

Nakon nesreće u NE "Lenin" u Černobilu došlo je do otpuštanja velike količine radioaktivnih čestica u atmosferu. Procesima suhog taloženja čestica i "ispiranjem" atmosfere oborinom došlo je do kontaminacije podloge (tlo, vodene površine, vegetacija, itd.).

U ovom radu dan je prikaz radioaktivne kontaminacije tla na području SR Hrvatske radionuklidima  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  na dan 15.07.1986. godine.

Radioaktivnost površinskog dijela tla (do dubine 12,5 mm) izmjerena je na 53 lokacije.

#### TEHNIKA UZORKOVANJA I MJERENJE

Uzorci tla uzimani su pedološkim svrdlom površine 100 cm<sup>2</sup> sa sljedećih dubina: od površine do 12,5 mm; od 50 mm do 62,5 mm; od 112,5 mm do 125 mm i od 250 mm do 262,5 mm.

Na karti 1. prikazane su lokacije na kojima su sakupljeni uzorci tla. Kompletan uzorak svakog sloja tla (125 cm<sup>3</sup>) stavljen je u plastičnu posudu i hermetički zatvoren. Tako pripremljen uzorak mjereno je na Ge-Li poluvodičkom detektoru spojenom na 4096 kanalni analizator "CANBERRA". Uzorci su mjereni od 20 000 - 100 000 sek ovisno o intenzitetu radioaktivnosti.



Karta 1.

Izmjerene aktivnosti radionuklida  $^{103}\text{Ru}$  i  $^{134}\text{Cs}$  preračunate su na dan 15.7.1986. godine. Mjereni radionuklidi i njihove karakteristike dani su u Tablici 1.

TABLICA 1.

Radionuklid	$E_{\gamma}$ (KeV)	$T_{1/2}$ (dani)	I(%)
$^{103}\text{Ru}$	497,0	39,35	86,4
$^{134}\text{Cs}$	795,7	753,0	85,4
$^{137}\text{Cs}$	661,6	10723,0	84,6

## REZULTATI MJERENJA I DISKUSIJA

U ovom radu prikazani su samo rezultati mjerenja radioaktivnosti površinskog sloja tla (do dubine 12,5 mm) što je prikazano na karti 2. Ostala mjerenja radioaktivnosti tla su u toku kao i kemijske karakterizacije tla.

Korekcija za  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  s obzirom na prijašnji fall-out nije napravljena, jer prema nekim našim ranijim mjerenjima kontaminacija je jako niska (područje Like  $\sim 50 \text{ Bq/m}^2$ ).

Iz rezultata mjerenja vidi se da se omjer  $^{134}\text{Cs}$  prema  $^{137}\text{Cs}$  uglavnom kreće unutar 1:1,9 - 1:2,6. Promatramo li kartu kontaminacije površinskog dijela tla (karta 2) vidimo da su najviše izmjerene radioaktivnosti na području Like (Gračac cca 43 000  $\text{Bq/m}^2$ ), Dalmatinske zagore, Hrvatskog zagorja, Banije, Korduna, srednje Posavine i centralnih dijelova Slavonije.

Najmanje izmjerene vrijednosti su na području Bjelovara, Baranje, istočne Slavonije te u priobalnom području (Makarska cca 370  $\text{Bq/m}^2$ ).

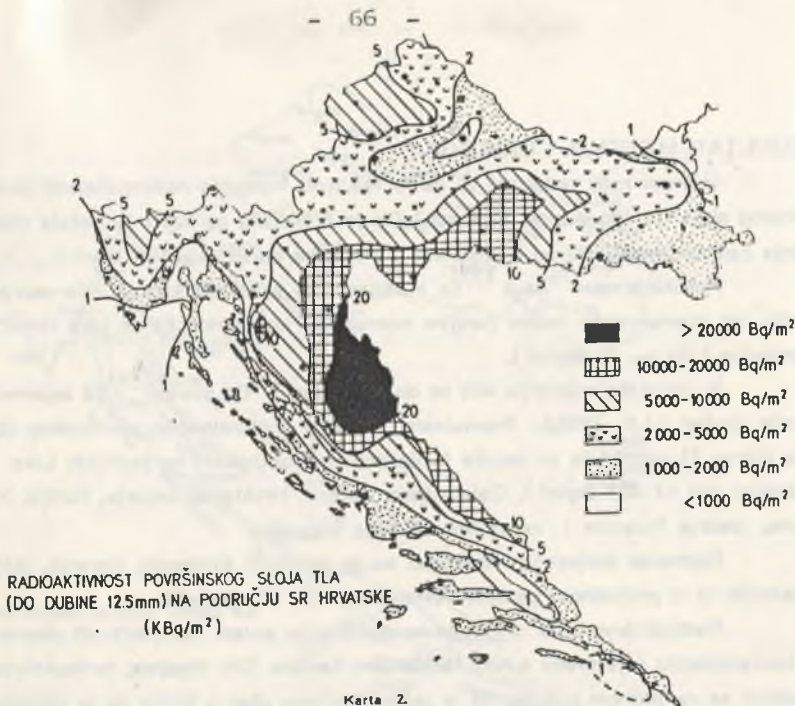
Radioaktivnost tla uključuje kontaminaciju putem radioaktivnih oborina i kontaminaciju uvjetovanu suhim taloženjem čestica. Dio dospjele radioaktivnosti zadržao se na biljnom pokrovu ili je putem korjena ušao u biljke te je njihovim uklanjanjem (košenje trave) ukupan iznos radioaktivnosti u tlu smanjen.

Ako se promatra karta kontaminacije područja SR Hrvatske putem oborina (referat "Procjena kontaminacije područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina kao posljedica nesreće u NE "Lenin" u Černobilu") i karta kontaminacije površinskog sloja na području SR Hrvatske (karta 2) vidi se da su vrijednosti radioaktivnosti veće u tlu, pogotovo u višim predjelima (iznad 600 m). Kao primjer mogu se uzeti vrijednosti za  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  na lokacijama Puntijarka (1000 m) i Zavižan (1700 m).

Kontaminacija putem radioaktivnih oborina na lokaciji Puntijarka iznosila je cca 1400  $\text{Bq/m}^2$ , dok je kontaminacija površinskog sloja tla 3700  $\text{Bq/m}^2$ . Razlika ovih dviju vrijednosti najvjerojatnije se odnosi na kontaminaciju suhim taloženjem. Na lokaciji Zavižan koja je na višoj nadmorskoj visini razlika je još veća. Kontaminacija oborinom iznosila je 1600  $\text{Bq/m}^2$  a kontaminacija tla 9500  $\text{Bq/m}^2$ .

## ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Područja kontaminacije površinskog dijela tla i kontaminacije oborinom vrlo dobro se slažu. Povećana radioaktivnost u uzorcima tla za pojedina područja u višim predjelima najvjerojatnije je uzrokovana procesima suhog taloženja.



Podaci o radioaktivnoj kontaminaciji površinskog sloja ne mogu dati cjelovitu sliku zagađenja tla, već će se slika dobiti nakon što se izvrše sva mjerenja tla po dubinama, te integriraju dobivene vrijednosti.

Smatramo da bi rezultati mjerenja radioaktivnosti u tlu ubuduće trebalo davati i u Bq/m<sup>2</sup>. Dosadašnja praksa izražavanja rezultata u Bq/kg tla nije pogodna za uspoređivanje s ostalim rezultatima mjerenja, a pogotovo nije pogodna za proračune kontaminacije teritorija, te proračun doza za stanovništvo. To bi se postiglo jedino uvođenjem jedinstvene metodologije uzorkovanja tla. Smatramo da bi metodologija uzorkovanja opisana u ovom radu mogla odgovarati zahtjevima.

## SUMMARY

In this paper there is an outline of the radioactive contamination of the surface in Croatia by radionuclides <sup>103</sup>Ru, <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs, that was caused by accident of NPP Lenin in Chernobyl. The radioactivity of the surface part of the ground (up to the depth 1.25 cm) has been measured at 53 locations.

### Sekcija 3

## REZULTATI MERENJA RADIOAKTIVNOSTI HRANE I PROCENE ODGOVARAJUĆIH EFEKTIVNIH EKVIVALENTNIH DOZA



II SAVJETOVANJE JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU  
OD ZRAČENJA, Kragujevac, 6-8 oktobar 1986.

M. Maračić, M. Baumštark, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

AKTIVNOST  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  U MLIJEKU

SAŽETAK

Prisustvo kalcija u mlijeku uzrokom je da je mlijeko najpogodniji izvor preko kojeg može doći do radioaktivne kontaminacije čovjeka stroncijem, putem namirnica animalnog porijekla. Nakon akcidenta u NE "Lenjin" u Černobilu, posebna pažnja posvećena je određivanju koncentracije  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku. Istraživanja su pokazala da je aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  veća od aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  za faktor 5-10.

UVOD

Nakon akcidenta u NE "Lenjin" u Černobilu pored različitih kratkoživućih i hlapivih radionuklida u atmosferu su ispušteni i mnogi dugoživući fisioni produkti u vidu aerosola (1).

Zavisno od metereoloških uvjeta i količine padavina različitom su brzinom dospjeli u atmosferu te padavinama deponirali u travu i zemlju. Deponirani radionuklidi translociraju se u hranu čovjeka i životinja. Opasnost radioaktivne kontaminacije stroncijem za čovjeka je utoliko veća što se uz  $^{90}\text{Sr}$  od havarije u Černobilu ispustila u atmosferu određena količina  $^{89}\text{Sr}$ , koja će s obzirom na  $T_{1/2} = 52$  dana

biti prisutan u životnoj sredini oko godinu dana.

Kako je mlijeko glavna komponenta ishrane ugrožene populacije a to su dojenčad i djeca, to je osobito važno utvrditi koliki je nivo ovih radionuklida u mlijeku kao baza za proračun predvidive doze.

#### METODA I PRINCIP RADA

TCA- taložna metoda - dušično kisela separacija

Ova metoda je pogodna za određivanje  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u homogenom i nehomogenom mlijeku. Metodom je moguće otkloniti svježije fisione produkte od stroncijeva i itrijeva ostatka i kada uzorci mlijeka sadrže druge fisione produkte u suvišku od  $10^3 \text{ Bq l}^{-1}$  (2). Nakon dodatka stroncijeva nosača, talože se mliječni proteini trikloroocetnom kiselinom i otklanjaju filtracijom.

Suvišak oksalne kiseline dodaje se u filtrat i talože oksalati koji se prevode u nitrata da bi se izvršila separacija stroncija i klacija zbog razlike u topivosti.

Stroncij je očišćen nosačima rijetkih zemalja, barijem i željezom a itrij ekstrahiran dimećom dušičnom kiselinom. Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  proračunata je iz razlike aktivnosti ukupnog radiostroncija i stroncija-90 ( $^{90}\text{Y}$ ).

#### REZULTATI

Rezultati analiza su prikazani u tabelama 1-5.

Tabela 1.

Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

Vrijeme uzrokovanja	Lokacija	Bq l <sup>-1</sup>		%	
		$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$
15.-31.05.1986.	Zagreb	1,52	7,22	17,4	82,6
24.05.1986.	Zagreb*	0,76	3,18	19,3	80,7
01.-15.06.1986.	Zagreb	1,10	1,73	38,9	61,1
15.-30.06.1986.	Zagreb	0,90	2,91	23,6	76,4
1.-31.05.1986.	Prevlaka	0,24	2,07	10,4	89,6
1.-30.06.1986.	Prevlaka	0,40	2,08	19,2	80,8
1.-31.07.1986.	Prevlaka	0,28	0,54	33,9	66,1

\*Mlijeko u prahu

Tabela 2.

Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

Vrijeme uzrokovanja	Lokacija	Bq l <sup>-1</sup>		%	
		$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$
01.-31.05.1986.	Bistra	0,01	0,97	1,3	98,7
01.-30.06.1986.	Bistra	0,45	1,02	30,6	69,4
01.-31.07.1986.	Bistra	0,59	0,79	42,3	57,3
01.-31.08.1986.	Bistra	0,28	0,11	71,9	28,1

Tabela 3.

Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

Vrijeme uzrokovanja	Lokacija	Bq l <sup>-1</sup>		%	
		$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$
01.-31.05.1986.	Zadar	0,39	1,61	19,6	80,4
01.-15.06.1986.	Zadar	0,69	3,09	18,1	81,9
16.-30.06.1986.	Zadar	0,60	2,40	20,0	80,0
26.06.1986.	Split	0,71	2,62	21,2	78,8

Tabela 4.

Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

Vrijeme uzrokovanja	Lokacija	Bq l <sup>-1</sup>		%	
		$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$
23.05.1986.	Gospić	1,07	16,70	6,0	94,0
23.05.1986.	Udbina privatni sektor	2,30	46,55	4,7	95,3
25.06.1986.	Gospić	0,99	2,99	25,0	75,0
28.06.1986.	Udbina privatni sektor	2,35	7,59	23,7	76,3
27.06.1986.	Knin	1,86	8,06	18,7	81,3

Tabela 5.

Aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

Vrijeme uzrokovanja	Lokacija	Bq l <sup>-1</sup>		%	
		$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$
21.05.1986.	Osijek	0,06	0,21	23,1	76,9
01.-30.06.1986.	Osijek	0,25	1,13	17,9	82,1

## ZAKLJUČAK

U tabelama 1-5 prikazana je aktivnost  $^{89}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u tekućem mlijeku sa šireg područja SR Hrvatske. Iz rezultata analize vidi se da je aktivnost stroncija najveća u mlijeku privatnog sektora sa područja Like (Udbina).

Mlijeko uzorkovano tri mjeseca poslije akcidenta u NE "Lenjin" u Černobilu pokazuje nižu aktivnost od mlijeka uzorkovanih u prva tri mjeseca. Ovo sniženje aktivnosti posljedica je što su se krave hranile drugim otkosom trave i sjena koje je imalo nižu aktivnost.

## ABSTRACT

$^{89}\text{Sr}$  and  $^{90}\text{Sr}$  Activity in Milk

M. Maračić, M. Baumštark and A. Bauman

Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb

Owing to the presence of an calcium level milk is the most important possible source of contamination with radioactive strontium to humans among the foodstuffs of animal origin.

Based on the rates of  $^{89}\text{Sr}$  and  $^{90}\text{Sr}$  translocation from fall-out to milk after the Chernobyl accident milk samples from the Republic of Croatia have been analysed for the presence of the two radionuclides. Results show that  $^{89}\text{Sr}$  activity is higher than the activity of  $^{90}\text{Sr}$  by a factor of 5-10.

## LITERATURA

1. J. TADMOR: Determination of the type and amount of fission products released in a Nuclear Reactor Accident, Pergamon Press, 30 (1976).
2. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH, EDUCATION, AND WELFARE, Radioassay procedures for environmental samples, Rockville.



## ДРУГО САВЕТОВАЊЕ

### ИЗЛАГАЊЕ ЗРАЧЕЊУ ИЗ ПРИРОДНЕ СРЕДИНЕ И ПРОЦЕНА ОДГОВАРАЈУЋЕГ РАДИЈАЦИОНОГ РИЗИКА

Крагујевац, 6-8 Октобар 1986 г.

Душан Неделковски, Зоран Календаров, Ђорѓи Теодосиевски  
Републички завод за здравствена заштита - Скопје

Ниво активности: Ј-131, Св-137 и Св-134 у јагнекем, јунекем  
и свињском месу у периоду мај-октобар 1986 године.

#### РЕЗИМЕ:

У овом раду испитиван је ниво активности Ј-131, Св-137 и Св-134 у јунекем, јагнекем и свињском месу из готово целокупног друштвеног сектора у СР Македонији у периоду који обухвата акцидент у Чернобилу до средњом октобра 1986 године, са циљем предузимања превентивних мера заштите становништва од повећаног уношења радионуклеида у људски организам услед вишеструког повећања концентрација радионуклеида у намирницама. На основу добијених резултата даване су препоруке потрошачима о употребљивости или забране коришћења у исхрани јагнекег, јунекег или свињског меса, имајући у виду препоруке Савезног комитета за рад, здравље и социјалну заштиту о дозвољеним концентрацијама Јода-131 и Цезијума 137 и 134 у месу.

## УВОД:

По статистичким подацима из 1983 године, месо разног порекла, заступљено је у исхрани становништва СР Македоније са 47 грама у дневном оброку, што је око пет пута мање него потрошња меса у ЕЕЗ. Имајући у виду да се чернобилски акцидент догодио у време првомајских празника кад су људи били претежно на викенду и да су на трпезама имали јагњад и уопште у мају заступљеније је него обично клање јагњаци и повећана потрошња јагнећег меса требало је давати благовремена саопштења људима о целисходности употребе одређеног типа меса. Стога вршена је организована и масовна контрола ових типова меса на присуство J-131, Cs-137 и Cs-134.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДА РАДА<sup>9</sup>

Испитивањима обухваћена је производња индустријских кланица у СР Македонији - јагнеће, јунеће и свињско месо, а контролисано је и немали број узорака меса из приватног сектора. Узорковање материјала вршено је са стране ветеринарне инспекције. Концентрација радноизотопа J-131, Cs-137 и Cs-134 одређиване су гама-спектрометријски. Гама спектрометар је типа  $\text{Ge-Li}$  и СК мултиканалним анализатором. Инструмент је калибрисан са стандардом S-14 који садржи природни уран са активношћу  $0,355 \text{ B}_L/\text{с}$  и Tl- природни са активношћу  $2,48 \text{ B}_L/\text{с}$ , обадва у равнотежи са потомцима, смештен у контејнеру са капацитетом од 100 гр. У исто таквим контејнерима мерени су и узорци који нису третирани а вршена је хомогенизација на електрични млин за месо. Време мерења износило је од 300 сек. у почетку маја до 2400 сек. касније. Концентрације радноизотопа прерачунавани су и израживани у  $\text{B}_L/\text{кг. меса}$ .

## РЕЗУЛТАТИ; ДИСКУСИЈА:

Током месеца маја контролисано је 59 узорака јагнекег меса, 35 узорака јагнеке цигерице и 37 узорака јагнекег бубрега.

Највећа концентрација J-131 износила је (у јагнекем месу) - 403 В<sub>f</sub>/кг; Св-137-248 В<sub>f</sub>/кг. Просечна вредност за J-131 износи 36,8 В<sub>f</sub>/кг. док за Св-137-62,45 В<sub>f</sub>/кг. у цигерици највећа концентрација J-131 износила је 2387 В<sub>f</sub>/кг; Св-137-185 В<sub>f</sub>/кг. а у бубрегу максимум J-131 био је 1635 В<sub>f</sub>/кг. док Св-137-196 В<sub>f</sub>/кг. Резултати представљени су у таб.1 а дате су просечне вредности и максималне вредности.

Током месеца јуна, јула и августа продужена је контрола на јагнеке месо са акцентом на садржину Св-137 и Св-134. Контролисано је 33 узорака јагнекег меса. Просечна вредност за Св-137 износила је 428,8 В<sub>f</sub>/кг. а просечна вредност за Св-134 = 212 В<sub>f</sub>/кг. Максималне концентрације износиле су за Св-137 = 1676 В<sub>f</sub>/кг. за Св-134 = 874 В<sub>f</sub>/кг. у цигерици просечна садржина Св-137 износила је 207 В<sub>f</sub>/кг. а Св-134 = 107,5 В<sub>f</sub>/кг. у бубрегу Св-137 био је присутан у просеку са 274 В<sub>f</sub>/кг. док максимум је износи 669 В<sub>f</sub>/кг. Св-134 просечно је износио 149 В<sub>f</sub>/кг. а максимална вредност је била 333 В<sub>f</sub>/кг. Резултати дати су у табели 2 у виду просечних и максималних вредности. Види се из резултата да је концентрација јода 131 била највећа у мају док Св-137 и Св-134 били су у релативно ниским концентрацијама. После 15 јуна J-131. Није тражен у узорцима јагнекем месу, цигерице и бубрега а пажња је била сконцентрисана на изотопе Св. Концентрација Св-достигле су свој максимум средњом јула месеца 86 год. и одржавале се на том нивоу до средином августа када су почеле лагано да опадају. Уко 21,0% узорака јагнекег меса садржавало је више од 600 В<sub>f</sub>/кг. Св-137; 12% међу 500 и 600 В<sub>f</sub>/кг.; 6% од 400-500 В<sub>f</sub>/кг. 9% од 300-400 В<sub>f</sub>/кг. док 55% контролисаних изорака садржавало је

мање од 300  $V_f$ /кг. Св-137, што значи да је око 45% од количине јагњаци којом је располагала република у том периоду било забрањено за извоз и употребу.

у периоду мај-15 јуни 86 год. било је контролисано 85 узорака јунекег меса. Просечни садржај Ј-131 било је 27,5  $V_f$ /кг. до максимална концентрација износила је 75  $V_f$ /кг. Просечни садржај Св-137 износио је 15,2  $V_f$ /кг. а максимум 90  $V_f$ /кг.

Касније у периоду јуни-октобар концентрација Св-137 у јунекем месу повећавала се тако да просечни садржај износи 117,3  $V_f$ /кг. а максимална нађена вредност је 398  $V_f$ /кг, док Св-134 у просеку износи 56,5  $V_f$ /кг. са максимумом од 175  $V_f$ /кг. Као што се види ни у једном контролисаном узорку Св-137 и Св-134 нису прешли границу од 600  $V_f$ /кг. тако да није било потреба забрањивања извоза и употребе. Резултати мерења дати су у табели 3 и 4.

Под контролу дошло је и 19 узорака свињског меса искључиво из друштвеног сектора. Само у једном узорку нађено је присуство Ј-132 са концентрацијом од 43  $V_f$ /кг. и Св-137 од 4,2  $V_f$ /кг. док код осталих узорака нису нађени изотопи Јода и Св. Ови узорци контролисани су у периоди 4. V до 30. VI. 86 год. касније није времена контрола те стога немамо увид у контаминирањости свињског меса.

Грешка у свим мерењима износила је од 2,5% до 18%.

Средње вредности Ј-131 и Св-137 у јагњече месо, цигерици и бубрегу у мају 86 год. ( $V_f$ /кг.)

Узорак	Број испитаних узорака	Ј-131			Св-137		
		$\bar{X}$	мин.	макс.	$\bar{X}$	мин.	макс.
Јагњече месо	59	36,8	∅	403	62,45	∅	248
" цигерица	35	226,3	∅	2387	34,2	∅	185
" бубрег	37	172,3	∅	1635	39,2	∅	196

Св-137 и Св-134 у јагњече месо, цигерици и бубрегу  
(период јуни-август 86 год.  $\bar{V}_1$  /кг.

Таб. 2

Узорак	Број испитаних узорака	Св-137			Св-134		
		$\bar{X}$	мин.	мах	$\bar{X}$	мин.	мах.
Месо	33	422,8	66	1676	223	29	874
цигерица	19	207,4	82	709	107,5	37	348
бубрег	17	274	16,5	669	149	7,2	333

Ј-131 и Св-137 у јунекем месо у периоду мај - 15 јуни 86 год.  
( $\bar{V}_1$  /кг.)

Таб. 3

Узорак	Број испитаних узорака	Св-137			Св-134		
		$\bar{X}$	мин.	мах.	$\bar{X}$	мин.	мах.
Месо	85	27,4	∅	75	15	∅	90
Бубрег	40	35,3	∅	238	13,2	∅	31
цигерица	59	39	∅	196	14,2	∅	68

Св-137 и Св-134 у јунекем месо у периоду 15 јун-октобар 86 год.  
( $\bar{V}_1$  /кг.)

Таб. 1

Узорак	Број испитаних узорака	Св-137			Св-134		
		$\bar{X}$	мин.	мах.	$\bar{X}$	мин.	мах.
Месо	35	117,13	5	398	56,5	2,6	175
цигерица	8	142	7	390	57,9	3,8	133
бубрег	8	120,5	3,4	277	58,6	2,0	120

**ЗАКЉУЧАК:**

Из изложеног раније, види се да је јагнеће месо било најконтаминираније у односу на јунеће и свињско месо из разлога што јагњад је била на испаши док јунади и свиње у фармама биле су прехранјиване старом неконтаминирамом храном, те због тога јагнеће месо у највећем делу било је забрањено за извоз и исхрану док јунеће и свињско месо нису достигли критични ниво контаминације и били су у слободној употреби и сугерирани у исхрани становништва.

**LITERATURA:**

1. EASTERN ENVIRONMENTAL RADIATION FACILITY RADIOCHEMISTRY PROCEDURES MANUAL 1984 god.
2. NIFONTOVA M.B. KULIKOV N.V.: ЕКОЛОГИЈА, 1977
3. PRAVILNIK O MAKSIMALNO DOPUŠTENIM GRANICAMA RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE ČOVEKOVE OKOLINE I O OBAVLJANJU DEKONTAMINACIJE Sl.1.SFRJ 32/79 god.

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
Drugo savetovanje u Kragujevcu, 6.-8. oktobra 1986.  
"IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE  
I PROCENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA"

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA U HRANI SA TERITORIJE  
SAP VOJVODINE I PROCENA DOZE KOJU JE PRIMILO STANOVNIŠTVO  
NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

I. Bikit, J. Slivka, M. Vesković, L. Marinkov, Lj. Čonkić,  
M. Terzić i Ž. Škrbić,

*Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu,  
Dr Ilije Đuričića 4, NOVI SAD*

IZVOD

Prikazani su rezultati sistematskih  $\gamma$ -spektrometrijskih analiza fisionih produkata u hrani sa teritorije SAP Vojvodine nakon akcidenta u Černobilu. Uzorci hrane su periodično uzimani sa 5 reprezentativnih lokacija. Na osnovu dobijenih rezultata je izvršena procena doprinosa  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  unutrašnjem ozračavanju stanovništva.

UVOD

Organizacija radiološkog nadzora nad prirodnom okolinom nakon havarije nuklearne elektrane u Černobilu, kome je Laboratorija za nuklearnu fiziku Instituta za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu pristupila od samog početka, detaljno je opisana u ovom zborniku u radu istih autora pod naslovom "Prostorno-vremenska varijacija koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{134}\text{Cs}$  u prirodnoj sredini SAP Vojvodine nakon akcidenta u Černobilu", uključujući i organizaciju sakupljanja uzoraka hrane.

METODOLOGIJA SAKUPLJANJA I PRIPREME UZORAKA HRANE

Uzorci povrća i voća sakupljeni su na približno istom mestu odgovarajuće lokacije. Kad god je bilo moguće, radi skraćivanja vremena merenja, oni su sušeni na  $105^{\circ}\text{C}$  do konstantne mase. U početnom periodu, zbog velikog dnevnog broja uzoraka, aktivnost je merena na svežim uzorcima. Usitnjena masa se formirala u cilindričnom nosaču uzorka.

Uzorci mesa i ribe sakupljeni su u lokalnim klanicama i

## RADIONUKLIDI U HRANI SA TERITORIJE SAP VOJVODINE I PROCENA DOZE

ribnjacima, odn. na tržnici. Priprema se svodila na mlevenje i formiranje, ređe i na dugotrajno sušenje. Koncentracije aktivnosti svih uzoraka hrane iskazane su na svežu masu.

Uzorci mleka i preradevina sakupljeni su po ekonomijama, mlekarama, direktno od proizvođača i u trgovinama. Koncentracije aktivnosti mleka i proizvoda od mleka merena je bez hemijskog tretmana.

### AFARATURA I METODOLOGIJA MERENJA

Merna aparatura sastoji se od Ge(Li) detektora 'Canberra' aktivne zapremine  $80 \text{ cm}^3$ , efikasnosti oko 16 % i rezolucije 2.0 keV, koji je smešten u niskošumnu komoru korisne zapremine od  $1 \text{ m}^3$  sa zidovima od čeličnog lima (livenog pre prvih nuklearnih eksplozija) debljine 25 cm. Detaljni opis komore dat je u ref. 1. Integralni fon u regionu od 20 keV do 3 MeV bio je manji od 1 impuls/s pre černobilske havarije, dok je sada oko 2 impulsa/s. Impulsi iz detektora pojačani linearnim pojačivačem registruju se u višekanalnom analizatoru ND 2400, odakle su se odgovarajući integralni odbroji u  $\gamma$ -spektrima očitavali ručno.

Apsolutna efikasnost detektora kalibrisana je za uzorke cilindrične geometrije sa prečnikom koji odgovara spoljašnjem omotaču detektora i sa varijabilnom visinom. Kalibracija je izvršena pomoću multiizotopskog standardnog izvora QCY-44 'Amersham' i preko prirodne aktivnosti fosfatne rude sa poznatim sadržajem uranijuma. Transparentcija za pojedine vrste uzoraka je određena metodom Kaplanisa [2], dok je optimizacija debljine vršena prema metodu Bikita i Veskovića [3]. Vreme merenja pojedinih uzoraka u ovakvim uslovima kretalo se od 1-2 ks u prvim nedeljama posle havarije, 2-4 ks za većinu merenih uzoraka.

### PREGLED REZULTATA

Za potrebe monitoringa u periodu 02.05.-30.09. analizirano je ukupno oko 230 uzoraka hrane, od toga mleka 80, mesa i ribe 110, povrća i voća 140, čime su obezbeđeni relativno dobri uslovi za prostornu i vremensku reprezentativnost skupa uzoraka namirnica.

Za sve uzorke je sistematski određivana koncentracija aktivnosti sledećih izotopa:  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,

RADIONUKLIDI U HRANI SA TERITORIJE SAP VOJVODINE I PROCENA DOZE

$^{140}\text{La}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{132}\text{Te}$  i  $^{95}\text{Zr}$ . Posle 01.06. nisu beleženi  $^{132}\text{Te}$  i  $^{132}\text{I}$ .

Iz mase podataka o kontaminaciji hrane izdvajamo kontaminaciju najvažnijim izotopima  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{134}\text{Cs}$  u periodu 01.-31.05. prikazanu u tab. 1. U kolonama su date srednje vrednosti koncentracije aktivnosti uzoraka sa svih ispitivanih lokacija. Velike standardne devijacije pokazuju da su se merene vrednosti koncentracije aktivnosti kretale u vrlo širokim granicama. Karakteristične su visoke vrednosti za ovčije meso i mleko: koncentracija aktivnosti  $^{131}\text{I}$  u oba slučaja mnogostruko prevazilazi koncentraciju aktivnosti goveđeg mesa odn. kravljeg mleka, iako su u srednju vrednost poslednjih uključeni i podaci za stada hranjena na ispaši. To je u skladu sa eksperimentalnim rezultatima Korneeva i saradnika [4], iz kojih sledi da pri istoj ishrani u mleko koza i ovaca prelazi 5 puta više  $^{131}\text{I}$  nego u mleko krava. Maksimalna registrovana koncentracija aktivnosti hrane uopšte je oko 30 kBq/kg u jagnječem mesu iz Flandišta od 26.05. i u ovčijem mleku, preko 20 kBq/kg, iz Idvora, Flandišta i Vršca oko 06.05. Znatno manji, ali i dalje značajno veći od jedinice odnos koncentracije aktivnosti u proizvodima od ovaca i goveda beleži se za slučaj izotopa Cs.

Treba uočiti da je prosečna koncentracija aktivnosti  $^{131}\text{I}$  kravljeg mleka oko 200 Bq/l, što znači da su mere preduzete u SAP Vojvodini u svrhu masovne kontrole mleka i mlečnih proizvoda pre puštanja u prodaju u jednom periodu doprinele smanjenju ukupnog efekta radijacije na stanovništvo, obzirom na relativno veliku potrošnju ovih namirnica (120 l godišnje).

Lisnato povrće pokazuje relativno visoki prosečni stepen kontaminacije izazvan deponovanjem kontaminanta iz atmosfere [5]. Zbog kratkog perioda poluraspada  $^{131}\text{I}$  ne može da se izvrši translokacija iz lista i ujednačavanje koncentracije aktivnosti u celoj biljci, a zbog svoje velike biomase, mesta u lancu ishrane i velikog kapaciteta fiksacije, lisnato povrće, koje je upravo u ovom periodu veoma zastupljeno u ishrani, predstavlja najdirektniji put prodiranja kontaminanta do čoveka. Koncentracija aktivnosti je kod jagoda mnogo manja, verovatno usled narastanja ploda nakon početnog taloženja kontaminanta. Od analiziranih namirnica najmanjom kontaminacijom ističu se riba, svinjsko meso i maslac.

## RADIONUKLIDI U HRANI SA TERITORIJE SAP VOJVODINE I PROCENA DOZE

Tabela 1.  
Srednje vrednosti  $\bar{a}$  i standardne devijacije  $\sigma$  koncentracije radioizotopa u uzorcima namirnica sa teritorije SAP Vojvodine u toku maja 1986.

vrsta hrane	$^{131}\text{I}$		$^{134}\text{Cs}$		$^{137}\text{Cs}$	
	$\bar{a}$	$\sigma$	$\bar{a}$	$\sigma$	$\bar{a}$	$\sigma$
ovčije meso	3100	8100	320	260	530	280
goveđe meso	10	7	33	33	57	69
svinjsko meso	26	27	16	4	16	11
riba	26	14	11	4	11	3
kravlje mleko	200	220	32	27	56	49
ovčije mleko	8700	3000			280	100
kozije mleko	1300	1500	11	4	24	7
ovčiji sir	2600	3700	95	92	100	120
kravlji sir	35	8	<8		5	4
kisela pavlaka	140	260	<5		<6	
jogurt	100	210	<5		<7	
maslac	<10		<5		<6	
zelena salata	980	1200	120	180	240	320
kupus	110	40	62	30	100	40
spanać	920	940	77	66	130	120
luk	330	510	28	27	44	45
jagode	20	16	22	13	38	10

## PROCENA DOZE KOJU JE PRIMILO STANOVNIŠTVO

Na osnovu rezultata merenja izvršenih i Institutu za fiziku i podataka o prosečnoj godišnjoj potrošnji namirnica kod nepoljoprivrednog stanovništva u Vojvodini izrađena je procena doze zračenja iznad prirodnog fona koju je primilo stanovništvo, odn. koju će primiti do kraja godine. Za akutni period 01.-07.05. izračunata je prosečna doza po stanovniku od 0.05 mSv za pripadnike populacije koja se pridržavala uputstava za preventivu u ishrani i boravku na otvorenom prostoru, do 0.35 mSv kao maksimalne vrednosti za ukupnu populaciju. Ovde je uključena doza od spoljašnjeg ozračavanja (0.003 odn. 0.006 mSv), doza unesena inhalacijom (0.04 mSv u oba slučaja) i doza unesena ingestijom (0.004 odn. 0.3 mSv).

RADIONUKLIDI U HRANI SA TERITORIJE SAP VOJVODINE I PROCENA DOZE

Kao element za procenu dugoročnog efekta ozračivanja stanovništva može se uzeti podatak da je prosečni stanovnik SAP Vojvodine u periodu 01.05.-01.08. uneo u organizam aktivnost oba izotopa Cs u iznosu do 6900 Bq. Ovaj podatak treba koristiti kao grubo približan, obzirom da je prostorna i vremenska fluktuacija aktivnosti namirnica sa teritorije SAP Vojvodine dosta izražena, kao i neravnomernost u potrošnji sezonskog voća i povrća u toku godine. Na osnovu grubih, još ne u potpunosti verifikovanih predviđanja o brzini opadanja koncentracije izotopa u životnim namirnicama može se proceniti da će prosečni stanovnik do kraja 1986. godine uneti u organizam još oko 3000 Bq aktivnosti izotopa Cs. Pretvoreno u dozu to iznosi oko 0.1 mSv do 01.08. odn. ukupno 0.14 mSv do kraja godine. Dakle, na osnovu preliminarnih globalnih procena uticaja černobilskog akcidenta na radiološko opterećenje stanovništva SAP Vojvodine, srednja efektivna doza po stanovniku od svih radionuklida do kraja godine neće preći granicu od 0.5 mSv. Ako bismo hteli da odredimo uže grupe stanovnika sa povišenim faktorom rizika, treba ih tražiti među ovčarima u regionu Plandišta i među poljoprivrednim radnicima na poslovima sakupljanja prvog otkosa lucerke i prerade u dehidratorskim stanicama u Banatu, kod kojih postoji mogućnost da su u kritičnom periodu primili doze i za red veličine veće od ove srednje vrednosti.

REFERENCE

- [1] I. Bikit, L. Marinkov i M. Vesković, XXVIII jugoslovenska konferencija ETAN, VI, 51 (1984).
- [2] S. Kaplanis, *Int. J. of Appl. Radiat. Isot.*, 33, 605 (1982).
- [3] I. Bikit and M. Vesković, *Nucl. Instrum. & Methods A*, 243, 227 (1986).
- [4] N. A. Korneev, A. N. Sirotkin i N. V. Korneeva, *Smanjenje radioaktivnosti u biljkama i stočarskim proizvodima*, Kolos, Moskva, 1977.
- [5] R. Scaeffler, *Radioprotection*, 12, 63, (1977).

SUMMARY

The results of systematic  $\gamma$ -spectroscopic analyses of fission products performed on the territory of SAP Vojvodina after the Chernobyl accident are presented. Samples of food were periodically taken at 5 representative locations. On the basis of the obtained results the contribution of  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{134}\text{Cs}$  to the internal irradiation of the population is estimated.



II SAVJETOVANJE "IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE  
I PROCJENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA"

KRAGUJEVAC, 6 - 8. oktobra 1986. godine

Horšić E., Kljajić R., Samek D., Mihalj A., Saračević L.,  
Hasanbašić D., Milošević Z., Ciganović P.

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA  
SARAJEVO VOJVODE PUTNIKA 134

RADIOAKTIVNOST U VODAMA NA TERITORIJI SR BiH  
NAKON HAVARIJE NUKLEARNE ELEKTRANE U ČERNOBILU

R E Z I M E:

*U radu su prikazani rezultati mjerenja radioaktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 u 187 uzoraka vode u periodu od 1.05. do 15.05.1986. godine. Obradjeno je 10 uzoraka padavina, 25 uzoraka bunarskih voda i čatrnja, 23 uzorka voda sa poluotvorenih izvora gradskih vodovoda, te 129 uzoraka vode gradskog vodovoda.*

*Dobijeni rezultati ukazuju da je nivo radioaktivnosti u padavinama najveći. Maksimalna vrijednost izmjerena je u uzorku od 2.05. 1986. godine. Aktivnost J-131 iznosila je 4070,50 Bq.l<sup>-1</sup>, Cs-134 555,60 i Cs-137 3601,89 Bq.l<sup>-1</sup>.*

U V O D

U okviru praćenja stanja radioaktivnosti na teritoriji SR BiH, nakon havarije NE u Černobilu posebna pažnja bila je posvećena vodi za piće i izvoristima za snabdjevanje većih naseljenih mjesta. Ovo je bilo uzrokovano činjenicom da je vode za piće, zbog velikog dnevnog unosa (prosječno oko 4,2 l na dan), jedan od najznačajnijih puteva interne kontaminacije ljudi (1,2). Bez obzira na veliku mogućnost radioaktivnog razblaženja u velikim vodenim akumulacijama u izvoristima otvorenog tipa može doći do značajnog povećanja nivoa radioaktivnosti u slučaju dospjevanja "svježih" radioaktivnih padavina (3-5). Ovaj problem je posebno izražen u cisternskim vodama koje se sakupljaju sa većih površina i predstavljaju sabira-lište atmosferskih padavina.

Materijal i metode rada

Uzorci vode prikupljeni su putem inspekcijjskih organa, a kontrolisani su i pojedinačni uzorci koje su donosili građani pretežno iz vlastitih bunara i čatrnja. Uzorci padavina prikupljeni su na lokalitetu Veterinarskog fakulteta u Sarajevu preko sabirnog lijevka prečnika 0,5 m, a kontrolisani su i uzorci voda iz lokava za napajanje stoke.

Sva mjerenja radioaktivnosti vršena su poluprovodničkim Ge(Li) detektorom relativne efikasnosti 15% i rezolucije 2,1 KeV, koji je bio povezan sa 4000 kanalnim analizatorom i pripadajućom elektronikom. Mjerenja su vršena u nativnim uzorcima vode bez prethodne pripreme i koncentrisanja.

### Rezultati i diskusija

Rezultati su prikazani grafički za svaki ispitivani radionuklid posebno (grafikoni 1-6). U prvim danima nakon otkrivanja povišene radioaktivnosti, iz dobijenih gama-spektara uzoraka voda, računata je aktivnost samo za tri najznačajnija radionuklida J-131, Cs-134 i Cs-137 mada je, posebno u spektrima uzoraka padavina (kiše), utvrđeno prisustvo još desetak radionuklida čiji su pikovi na spektru bili izraženi.

Najveća aktivnost za sve ispitivane radionuklide izmjerena je u uzorku kišnice sa lokaliteta Veterinarski fakultet sakupljenom 2.05.1986. godine u periodu od 14 - 16 sati. Naime, u ovom vremenskom intervalu nad Sarajevom se sručila prava "provala oblaka". Intenzivna kiša praktično je "saprala" na tlo radioaktivne čestice koje su se u tom momentu nalazile u atmosferi. Ovu činjenicu potvrđuju i rezultati mjerenja radioaktivnosti vazduha i tla prije i nakon ovog kritičnog perioda, kao i rezultati mjerenja radioaktivnosti padavina u narednim danima. Nivo radioaktivnosti vazduha u periodu do 14 sati 2.05.1986. godine postepeno je rastao da bi nakon 16 sati istog dana počeo postepeno da opada dok je radioaktivnost tla naglo porasla nakon 16 sati i zadržala se na približnoj istom nivou narednih 48 sati. Radioaktivnost u padavinama od 3. do 5.05. 1986. godine bila je znatno niža u odnosu na vrijednosti dobijene za 2.05. 1986. godine, koja je za J-131 iznosila 4070,50, za Cs-134 555,60 i za Cs-137 3601,69 Bq.l<sup>-1</sup>.

U uzorcima vode iz gradskih vodovoda nije bilo značajnijeg povećanja aktivnosti ispitivanih radionuklida mada je u većini uzoraka identificirano prisustvo J-131. Vrijednosti za J-131 kretale su se od 2,07 do 103,50 Bq.l<sup>-1</sup>, za Cs-134 od 1,09 do 15,27 Bq.l<sup>-1</sup> i za Cs-137 od 1,07 do 22,12 Bq.l<sup>-1</sup>.

Radioaktivnost u uzorcima voda iz bunara i čatrnja bila je veoma različita u zavisnosti od inteziteta padavina u pojedinim područjima kao i od količine vode koja se u njima nalazila prije akcidenta na NE u Černobilu. U pojedinim slučajevima, nivo radioaktivnosti ispitivanih radionuklida prelazio je dozvoljene granice aktivnosti i voda je bila neupotrebljiva za piće i to kako za ljude tako i za životinje.

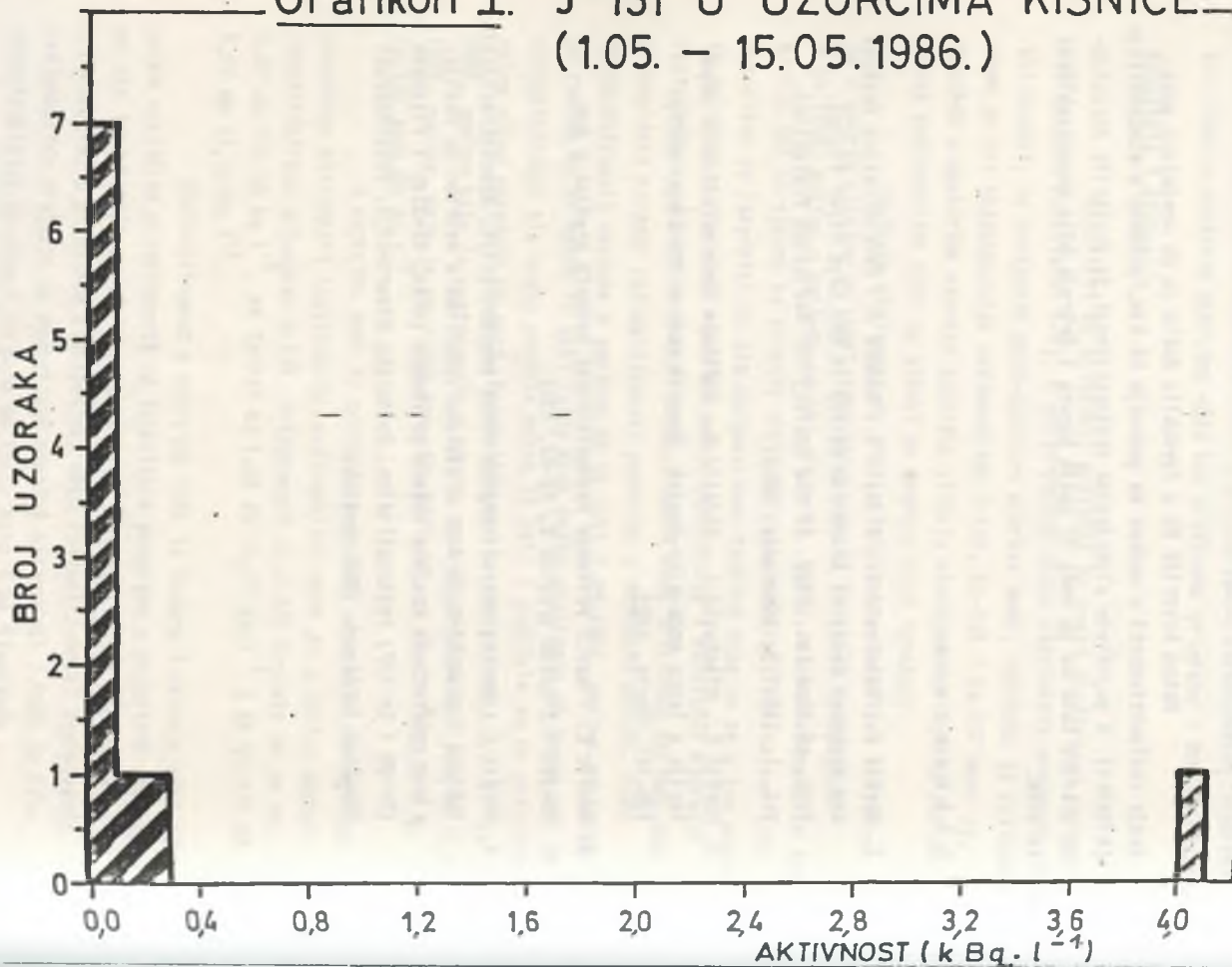
## Z A K L J U Č A K

Nakon havarije NE u černobilu došlo je do značajnog povećanja radioaktivnosti u vodama na području SR BiH, posebno u atmosferskim (kišnici). U pojedinim slučajevima radioaktivnost je prelazila dozvoljene granice tako da su vode iz nekih bunara i čatrnja bile neupotrebljive za piće.

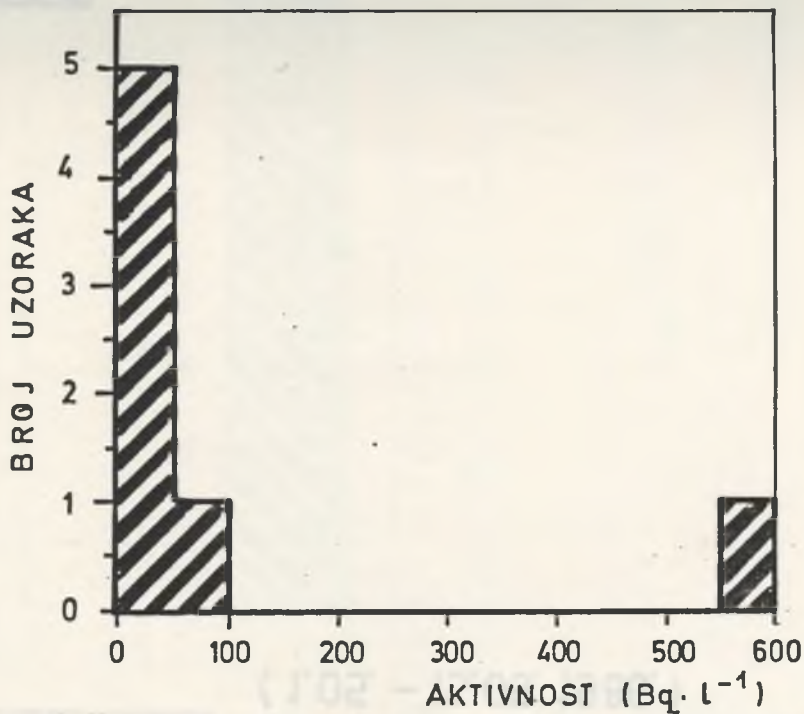
### L i t e r a t u r a :

1. Horšić E., Milošević Z., Kljajić R., Bauman A.: Concentration factors and absorbed doses of Sr-90 and Cs-137 in the Sava river Fishes. Proc. of 30rd Int. Simp. of the Society for Radiation Protection, Vol. 1, 110-113, Inverness, 1982.
2. Horšić E., Milošević Z., Kljajić R.: Godišnje doze ozračivanja populacije u lancu voda-riba-čovjek. Zbornik radova XII Šimp. JDZZ, 136-141, Ohrid, 1983.
3. Horšić E. i sar.: Prirodna radioaktivnost vodenih sredina u BiH. Čovjek i životna sredina 6, 62-63, 1984.
4. Horšić E.: Prilog istraživanjima nivoa koncentracije, koncentracijskih faktora i apsorbiranih doza u sistemu voda/riba s osvrtom na radionuklione opterećenje čovjeka važnim prirodnim (Uran, Ra-226) i fisionim (Sr-90 i Cs-137) radionuklidima. Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1980. godine.

Grafikon 1. J-131 U UZORCIMA KIŠNICE  
(1.05. – 15.05.1986.)

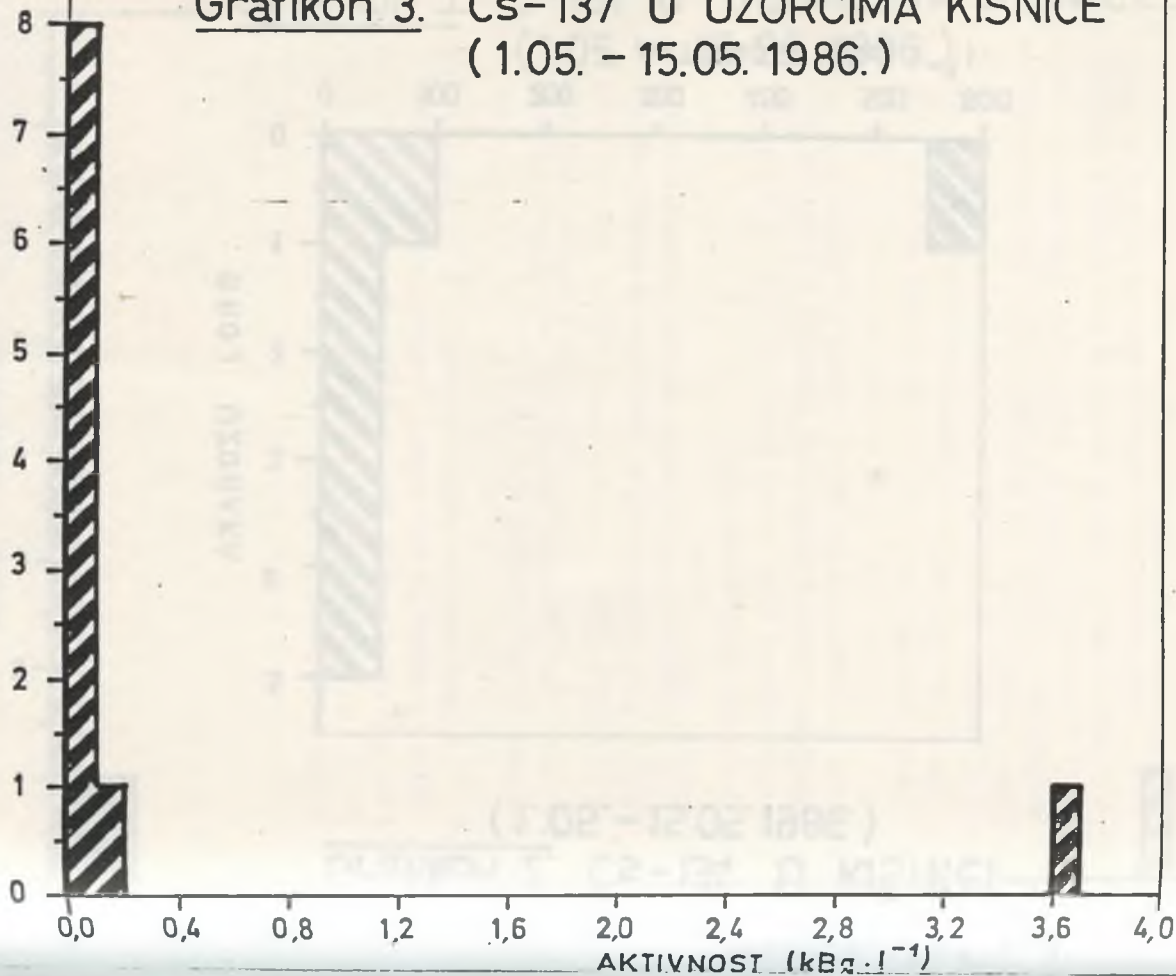


Grafikon 2. Cs-134 U KIŠNICI  
(1.05. - 15.05.1986.)

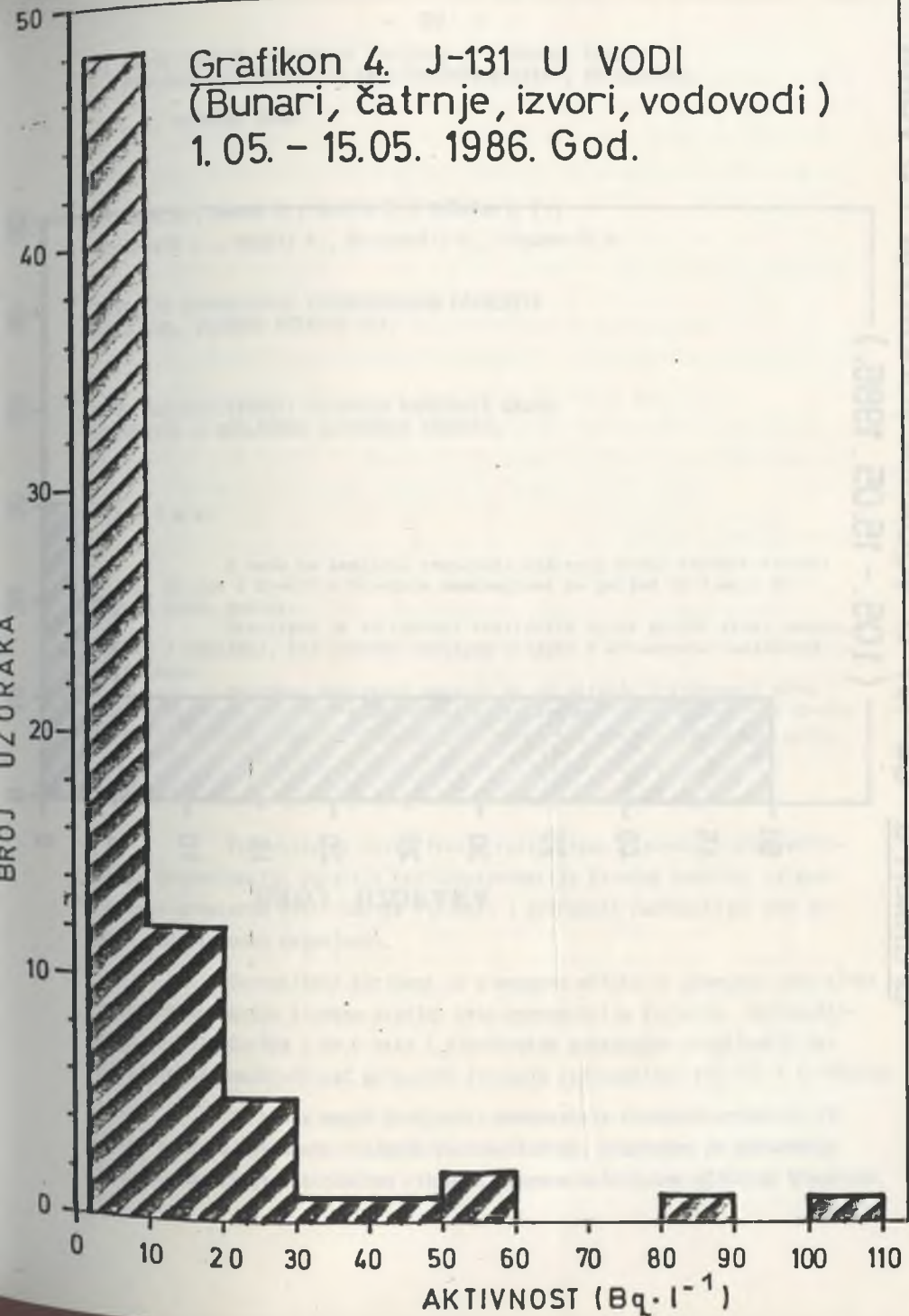


Grafikon 3. Cs-137 U UZORCIMA KIŠNICE  
(1.05. - 15.05. 1986.)

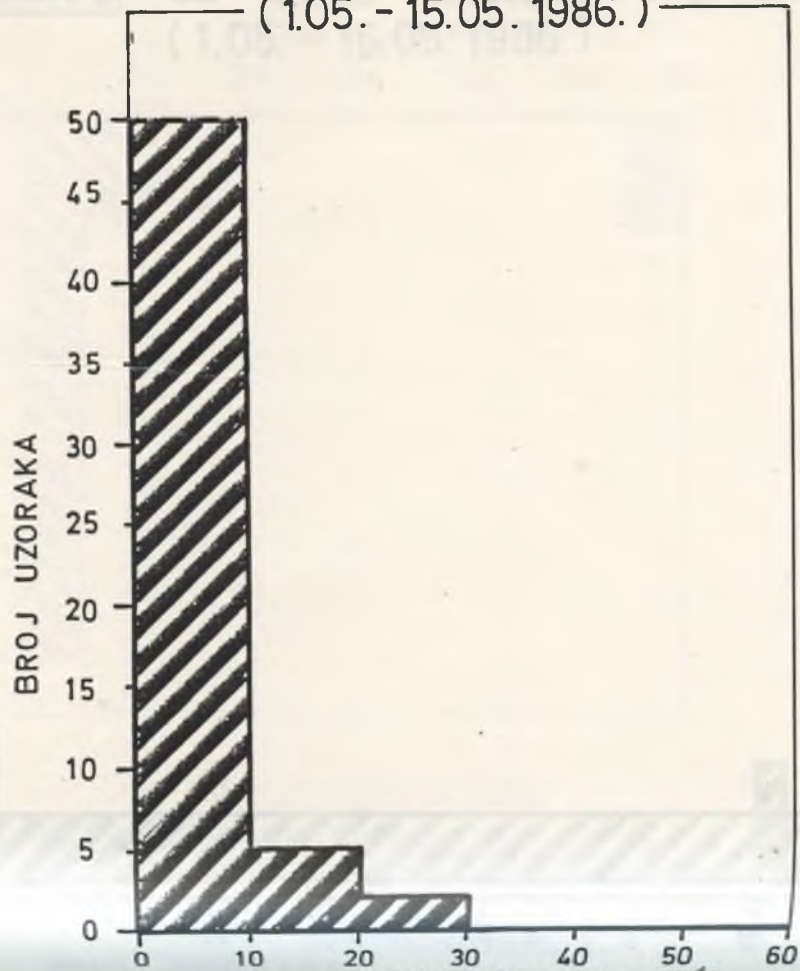
BROJ UZORAKA



Grafikon 4. J-131 U VODI  
(Bunari, čatrnje, izvori, vodovodi)  
1. 05. - 15. 05. 1986. God.



Grafikon 5. Cs-137 U VODAMA VODOVODA I IZVORA  
(1.05. - 15.05. 1986.)



11 SAVJETOVANJE "IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I  
PROCJENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA", KRAGUJEVAC

6.- 8. OKTOBRA 1986.

Kljajić R., Samek D., Horšić E., Milošević Z.,  
Saračević L., Mihalj A., Hasanbašić D., Ciganović P.

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA  
SARAJEVO, VOJVODE PUTNIKA 134.

NIVO RADIOAKTIVNOSTI ŽIVOTNIH NAMIRNICA NAKON  
AKCIDENTA U NUKLARNOJ ELEKTRANI ČERNOBIL

R e z i m e:

*U radu su iznijeti rezultati mjerenja nivoa radioaktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 u životnim namirnicama za period od 2.maja do 1.juna 1986. godine.*

*Obradjeno je 50 uzoraka različitih vrsta povrća (luk, salata, spanać i raštika), 145 uzoraka kravljeg mlijeka i 15 uzoraka različitih vrsta mesa.*

*Dobijeni rezultati ukazuju da su najviše vrijednosti nivoa radioaktivnosti dobijene u uzorcima jagljećeg mesa (9000 Bq.kg<sup>-1</sup> za Cs-134 i Cs-137 zbirno) i povrća ( J-131 4787 Bq.kg<sup>-1</sup> i Cs-137 4196,02 Bq.kg<sup>-1</sup>).*

U V O D

Preduslov za ostvarivanje radijacione sigurnosti stanovništva je determinacija porijekla radiokontaminacije životne sredine, te poznavanje prostorne distribucije fisionih i prirodnih radionuklida kao izvora radijacionog zagadjenja.

Černobilski akcident je u mnogome uticao na promjenu opće slike radiokontaminacije životne sredine kako novonastalim fisionim radionuklidima (J-131, Cs-134 i dr.) tako i višestrukim povećanjem dugoživećih radiobiološki značajnih već prisutnih fisionih radionuklida (Cs-137 i Sr-90)(3).

Da bi se mogla procjeniti novonastala radiokontaminacija životne sredine navedenim fisionim radionuklidima, neophodno je poznavanje njihovog kretanja u biološkom ciklusu, odnosno mehanizama njihovog transfera

u određenom ekološkom lancu (povrće-čovjek, animalni proizvodi-čovjek i sl.) (1-5). U tu svrhu je ispitivan nivo radioaktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 u određenim živežnim namirnicama (biljnog i animalnog porijekla) sa teritorije SR BiH u kritičnom periodu nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani černobil (od 2.5. do 1.6. 1986. godine).

### Materijal i metoda rada

Uzorci za laboratorijsko mjerenje radioaktivnosti uzimani su svakodnevno sa velikom broja različitih lokaliteta na teritoriji SR BiH.

Pri tome je obradjeno 50 uzoraka različitih vrsta povrća (luk, salata, spanać i raštika), 145 uzoraka kravljeg mlijeka i 15 uzoraka različitih vrsta mesa (juneće, jagnjeće i svinjsko).

- Navedeni materijal prije radiometrijske analize pripremljen je na sljedeći način:

čišćenje-usitnjavanje-homogenizacija

- Za određivanje radioaktivnosti J-131, Cs-134, i Cs-137 u navedenim uzorcima korištena je gamaspektrometrijska analiza pomoću Ge(Li) detektora i 4000 kanalnog analizatora.

### Rezultati i diskusije

Rezultati izmjerenih nivoa radioaktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 predstavljeni su sa 6 grafikona i jednom tabelom za različite grupe uzoraka, što omogućava sagledavanje radiološke situacije u SR BiH neposredno nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani černobil.

Distribucija radioaktivnosti J-131 u povrću prikazana je grafikonom 1. Iz datog grafikona je odmah vidljivo da se aktivnost J-131 kreće u opsegu od 10 do 4800 Bq.kg<sup>-1</sup>. Najveći broj mjerenih uzoraka (17 od ukupno 50) nalazi se u intervalu aktivnosti od 10 do 200 Bq.kg<sup>-1</sup>; 7 uzoraka povrća je imalo aktivnost u rasponu od 200 do 400 Bq.kg<sup>-1</sup>, dok 8 uzoraka pokazuje izmjerene aktivnosti od 400 do 600 Bq.kg<sup>-1</sup>. Jedanaest uzoraka se nalazi u rasponu aktivnosti od 1600 do 3200 Bq.kg<sup>-1</sup>. Od 50 ispitivanih uzoraka samo dva uzorka su imala aktivnosti veće od 4000 Bq.kg<sup>-1</sup>. Maksimalna aktivnost je izmjerena u salati i iznosila je 4787 Bq.kg<sup>-1</sup>.

Raspodjela aktivnosti Cs-134 u povrću data je grafikonom 2. Obuhvaćen je nivo aktivnosti od 10 do 1000 Bq.kg<sup>-1</sup>. I u ovom grafikonu je vidljivo da većina uzoraka 26 ima aktivnost između 10 i 200 Bq.kg<sup>-1</sup>. Ujedno se na grafikonu primjećuje da jedan manji broj uzoraka pokazuje vrijednosti između 500 i 900 Bq.kg<sup>-1</sup>. Najviši nivo izmjerene aktivnosti je nađen u salati i iznosi 987,55 Bq.kg<sup>-1</sup>.

Grafikon 3. prikazuje vrijednosti aktivnosti za Cs-137 u rasponu od 10 do 4200 Bq.kg<sup>-1</sup>. I kod Cs-137 najveći broj uzoraka ima aktivnost u granicama od 10 do 200 Bq.kg<sup>-1</sup> (20 uzoraka), a 7 uzoraka u intervalu od 200 do 600 Bq.kg<sup>-1</sup>. U opsegu aktivnosti od 800 do 3200 Bq.kg<sup>-1</sup> izmjereno je 12 uzoraka. Najviši stepen radiokontaminacije i za Cs-137 izmjeren je u salati (4196,02 Bq.kg<sup>-1</sup>).

Dobijeni rezultati za radiokontaminaciju povrća potvrđuju literaturne podatke da je kod akutne radiokontaminacije vegetacionog pokriva dominantna folijarna depozicija fisionih radionuklida, prispjelih putem padavina. Folijarna depozicija fisionih radionuklida od strane nadzemnih dijelova biljaka zavisi kako od fizičko-hemijskih parametara prispjelih radionuklida, tako i od gradje površine lista i morfoloških karakteristika biljaka. I naše maksimalne izmjerene vrijednosti aktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 kod uzoraka salate potvrđuju gore navedene podatke.

Mlijeko predstavlja vrlo značajan izvor unošenja fisionih radionuklida u organizam ljudi kao namirnica od provorazrednog značaja (laka svarljivost, visok proteinski sastav, dosta kalcijuma, vitamina i sl.) sa jedne strane, a sa druge strane zbog velikih potreba mladih organizama za mlijekom. S toga je radiohigijenska kontrola mlijeka od izuzetne važnosti u akcidentalnim slučajevima kao što je bio postčernobilski period. Dobijene vrijednosti stepena kontaminacije mlijeka (ukupno 145 uzoraka mlijeka-kravljeg) prikazane su na tri grafikona za J-131, Cs-134 i Cs-137 separatno.

Na grafikonu 4 prikazani rezultati mjerenja aktivnosti kravljeg mlijeka za J-131, postavljeni su rasponu od 5 do 1100 Bq.l<sup>-1</sup>. U naznačenom grafikonu je uočljivo da se najveći broj uzoraka nalazi od 5 do 100 Bq.l<sup>-1</sup> (86 uzoraka). U granicama od 100 do 800 Bq.l<sup>-1</sup> izmjereno je 46 uzoraka, dok su aktivnosti za samo dva uzorka između 950 i 1050 Bq.l<sup>-1</sup>. Najviša izmjerena vrijednost aktivnosti J-131 u mlijeku iznosila je 1048,34 Bq.l<sup>-1</sup>.

Na osnovu analize rezultat radiokontaminacije mlijeka J-131 može se zaključiti da je kratko vrijeme poluraspada J-131 (8 dana) uticalo, da većina izmjerenih uzoraka mlijeka pokazuje znatno niže, - aktivnosti od aktivnosti u padavinama.

Grafikon 5 prikazuje aktivnosti izmjerene za Cs-134 u mlijeku koje se nalaze u intervalu od 2 do 220 Bq.l<sup>-1</sup>. Od 2 do 60 Bq.l<sup>-1</sup>, nalazi se većina izmjerenih uzoraka (64 uzorka), dok se 10 uzoraka nalazi u granicama između 60 i 170 Bq.l<sup>-1</sup>. Tri uzorka se nalaze između 200 i 220 Bq.l<sup>-1</sup>. Kod ostalih uzoraka nije registrovan Cs-134.

U grafikonu 6 data je raspodjela izmjerenih aktivnosti Cs-137 u granicama od 5 do 480 Bq.l<sup>-1</sup>. Kao i kod predhodnog radionuklida i za Cs-137 se aktivnosti najvećeg broja uzoraka nalaze od 5 do 60 Bq.l<sup>-1</sup> (73 uzorka), dok je aktivnost od 60 do 300 Bq.l<sup>-1</sup> zastupljena kod 23 uzorka. Kod 4 uzorka aktivnosti su se kretale od 420 do 480 Bq.l<sup>-1</sup>.

Iz literature je poznato da Cs-137 kao i Cs-134 spada među one fisione radionuklide koji najintenzivnije prelaze direktno iz padavina u biljke, a time i u životinje (ingestijom biljaka) i njihove animalne proizvode (3). Prema tome se može zaključiti da je ingestija kontaminirane biljne hrane od strane životinja osnovni izvor radiokontaminacije mlijeka sa Cs-137 i Cs-134. Takodjer je uočeno da radiokontaminacija Cs-134 iznosi 40 do 60% u odnosu na radiokontaminaciju Cs-137.

Rezultati mjerenja aktivnosti J-131, Cs-134 i Cs-137 u mesu dati su tabelom 1. Kod izmjerenih uzoraka mesa najviši stepen radiokontaminacije pokazuje jagnjetina. Za J-131 radioaktivnost se kreće od 34,07 do 630,00 Bq.kg<sup>-1</sup>, za Cs-134 od 30,83 do 2979,66 Bq.kg<sup>-1</sup>, a za Cs-137 od 47,79 do 6735,61 Bq.kg<sup>-1</sup>. Za svinjsko i juneće meso može se reći da spada u kategoriju mesa sa najnižim stepenom radiokontaminacije.

I za meso kao živažnu namirnicu animalnog porijekla može se reći da je ingestija kontaminirane hrane biljnog porijekla od strane životinja (ovce i janjci) uzorak izrazito visokog stepena kontaminacije navedenim radionuklidima. Na osnovu iznesenih rezultata može se konstatovati da je kontaminacija ispitivanih radionuklida (J-131, Cs-134 i Cs-137) u pojedinim ispitivanim živežnim namirnicama povećana i do nekoliko stotina puta u odnosu na aktivnosti koje su mjerena u ovim uzorcima prije havarije NE u Černobilu.

## Z A K L J U Č A K:

1. Ispitivani uzorci živežnih namirnica ukazuju na povećani stepen radiokontaminacije nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani černobil.

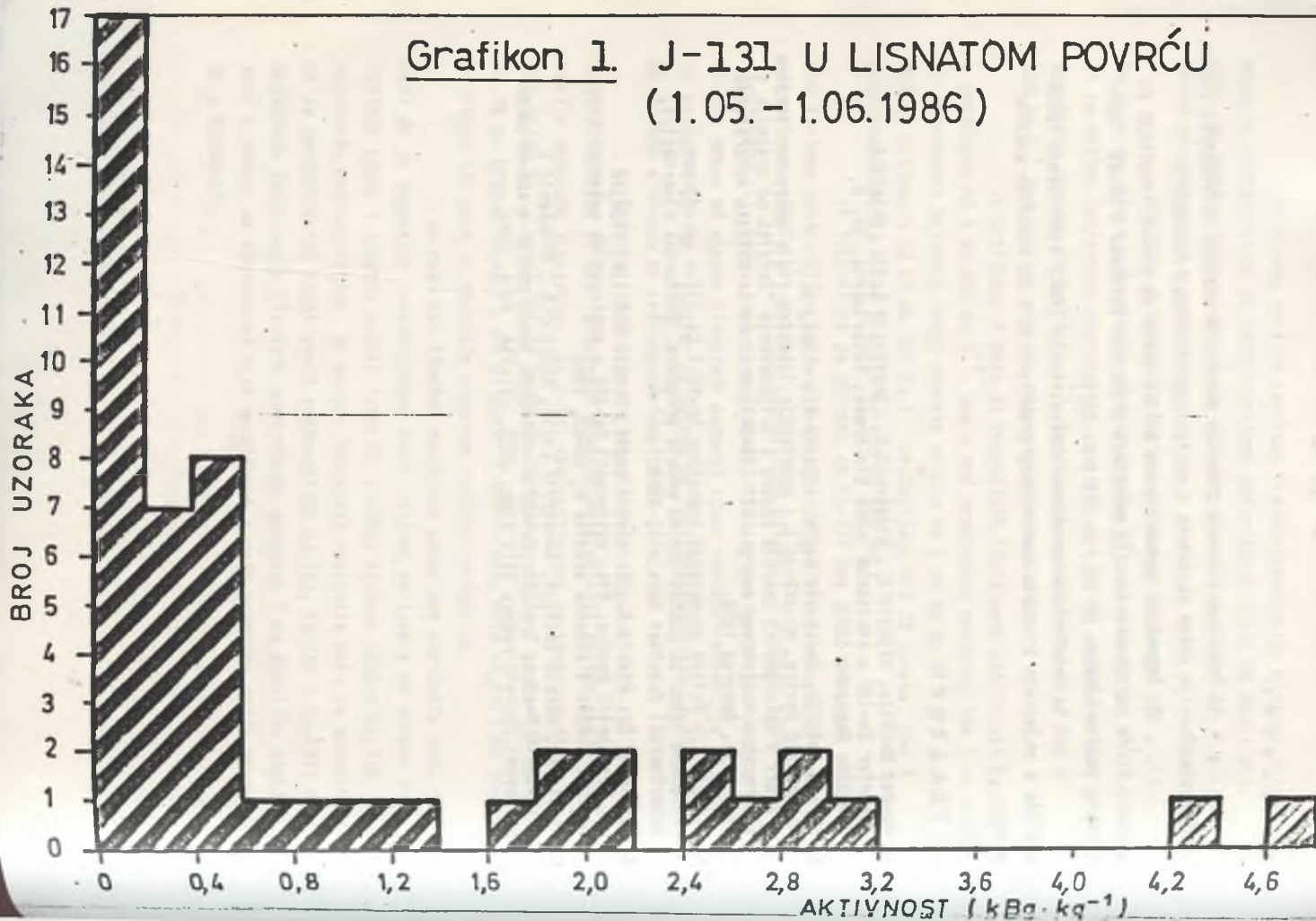
2. Ingestijaj kontaminirane biljne hrane od strane životinja je osnovni izvor radiokontaminacije animalnih proizvoda (mlijeka i mesa) ispitivanim radionuklidima (J-131, Cs-134 i Cs-137).

3. Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) ispitivanih radionuklida u pojedinim živežnim namirnicama premašena je i do nekoliko stotina puta.

## L I T E R A T U R A:

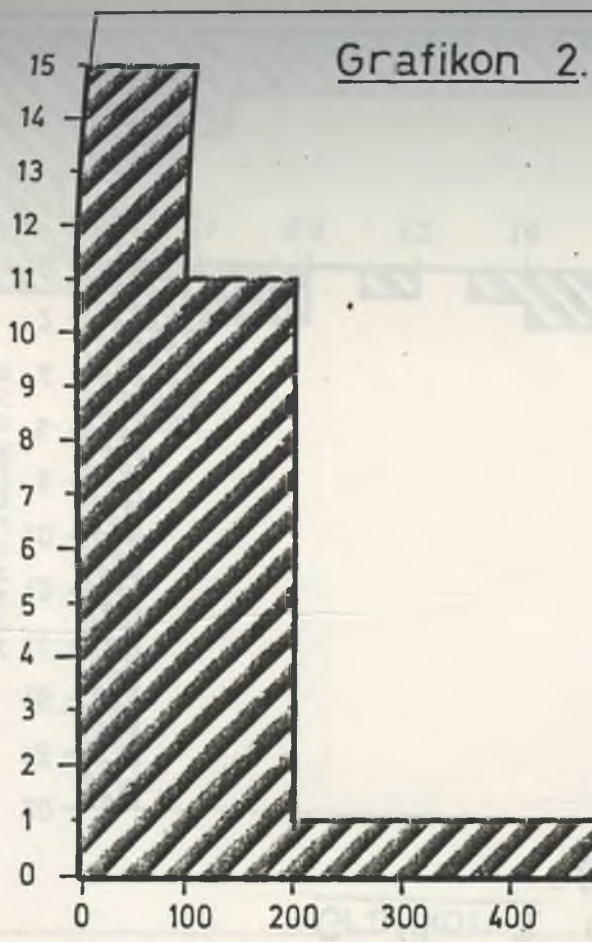
1. Horšić Emilija, Kljajić R., Milošević Z., Saračević Lejla, Mihalj A.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu tlo-trava, Veterinaria, 33, 3, 369-374, Sarajevo 1983.
2. Horšić Emilija, Saračević Lejla, Kljajić R., Mihalj A., Hasanbašić Danica, Milošević Z.: Dosadašnja iskustva radiološkog monitoringa u Bosni i Hercegovini Zbornik radova I Savjetovanja "Zaštita od zračenja i sigurnost u nuklearnoj energetici" 135-144, Društvo za zaštitu od zračenja SR Srbije, Beograd 1984.
3. Kljajić R.: Prilog poznavanju transfera Sr-90 i Cs-137 u odredjenom ekološkom lancu sa postavljenjem modela prognoze. Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1984.
4. Milošević Z., Mihalj A., Saračević Lejla, Horšić Emilija, Kljajić R., Hasanbašić Danica: Nivo aktivnosti Ra-226 u proizvodima veterinarskog nadzora čovjek i životna sredina 6, 62-63, 1984.
5. Mihalj A., Horšić Emilija, Saračević Lejla, Kljajić R., Milošević Z., Hasanbašić Danica. Transfer Cs-137 u ekološkom lancu stočna hrana-animalni proizvodi Zbornik radova XIII Simp. JDZZ, 111-114, Pula, 1985.

Grafikon 1. J-131 U LISNATOM POVRĆU  
(1.05. - 1.06.1986)

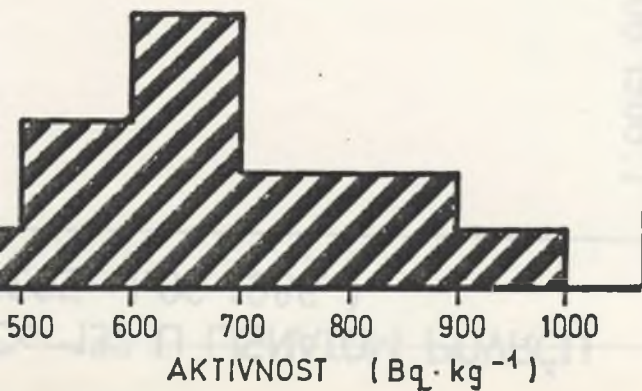


Grafikon 2.

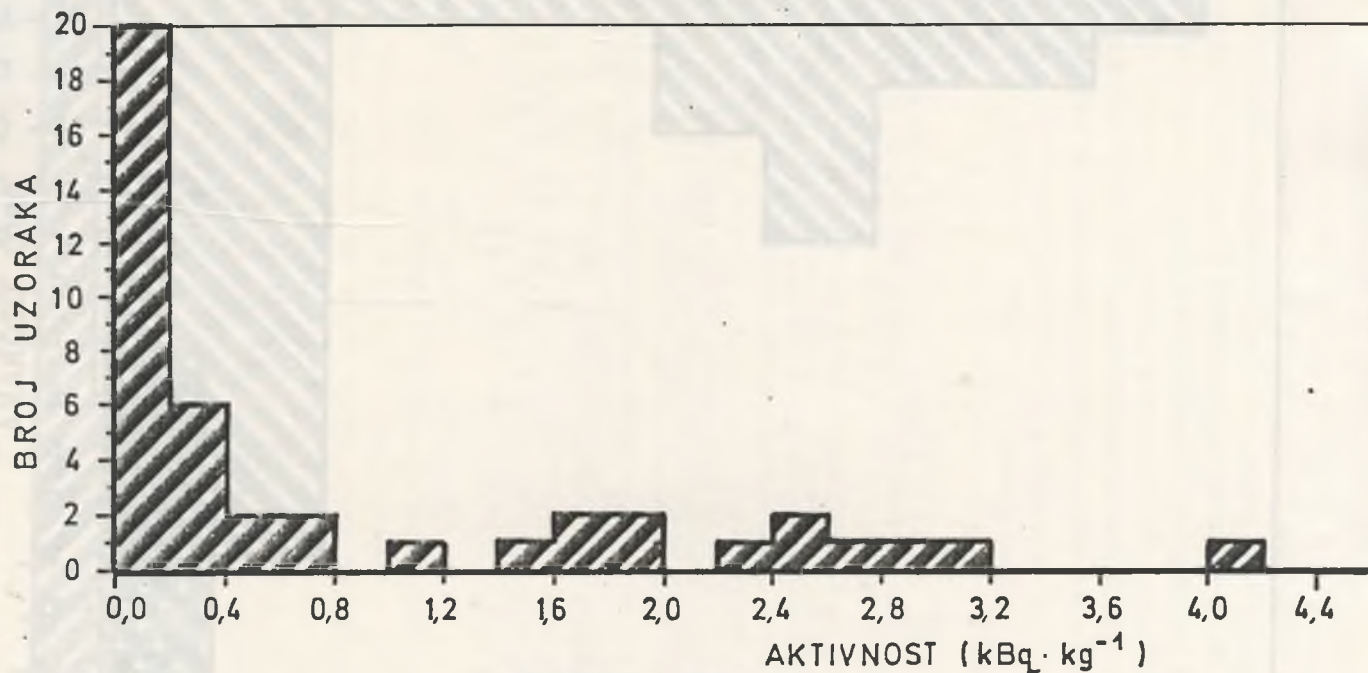
BROJ UZORAKA



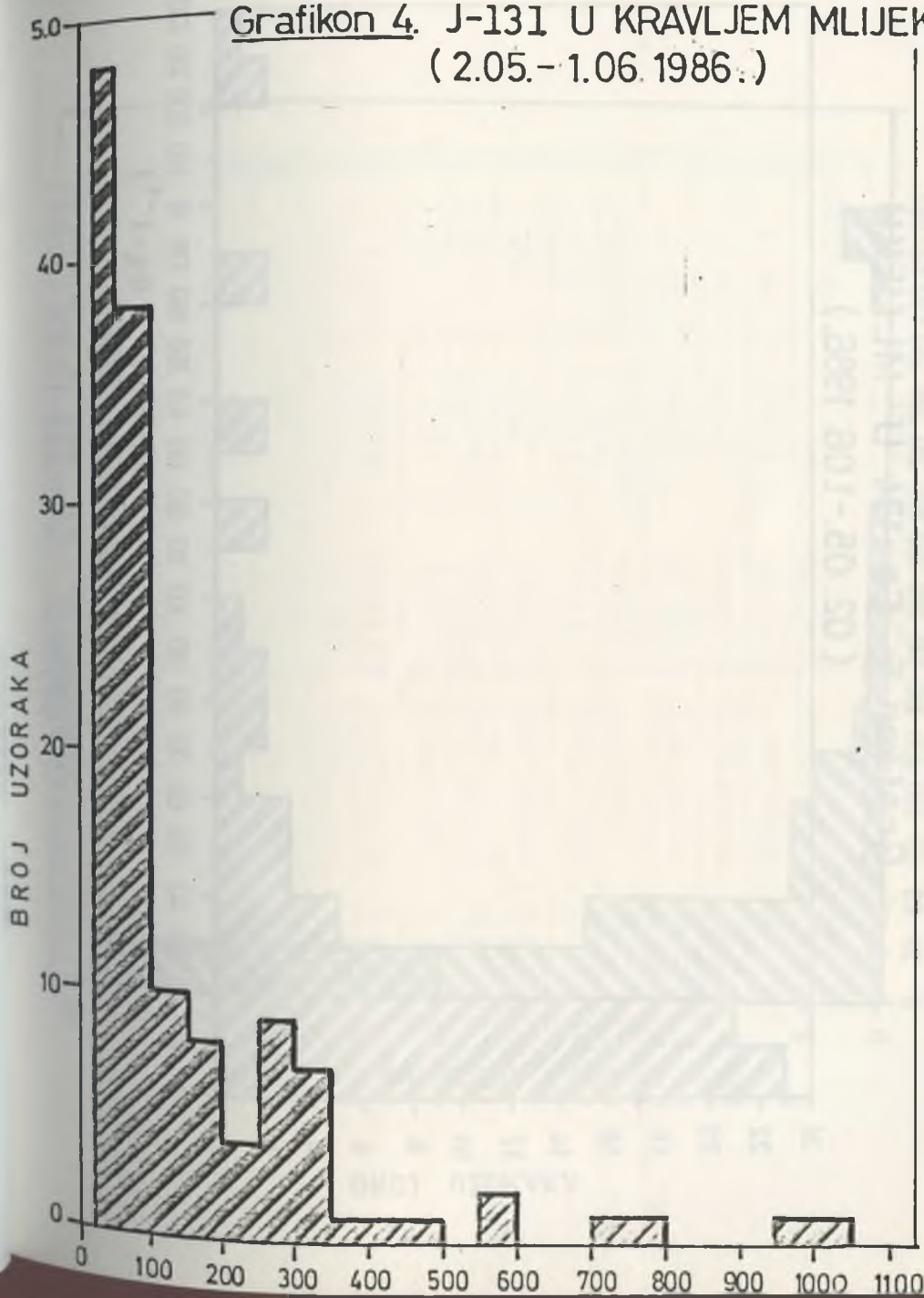
# Cs-134 U LISNATOM POVRĆU ( 1.05.- 1.06. 1986. )



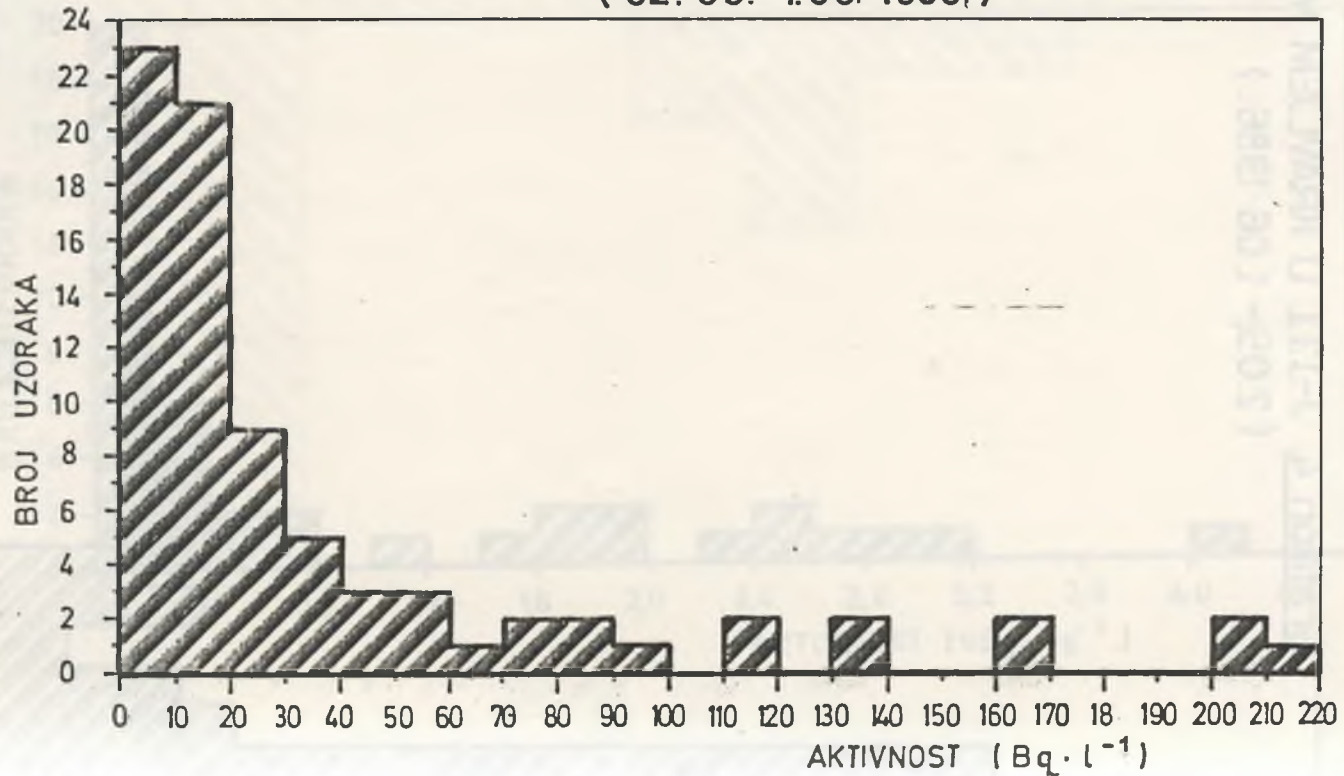
Grafikon 3. Cs-137 U LISNATOM POVRĆU .  
( 1.05- 1.06. 1986. )



Grafikon 4. J-131 U KRAVLJEM MLIJEKU  
(2.05.-1.06.1986.)



Grafikon 5. Cs-134 U MLIJEKU  
( 02. 05.-1.06. 1986.)



Grafikon 6. Cs-137 U MLIJEKU  
(2.05.- 1.06. 1986.)

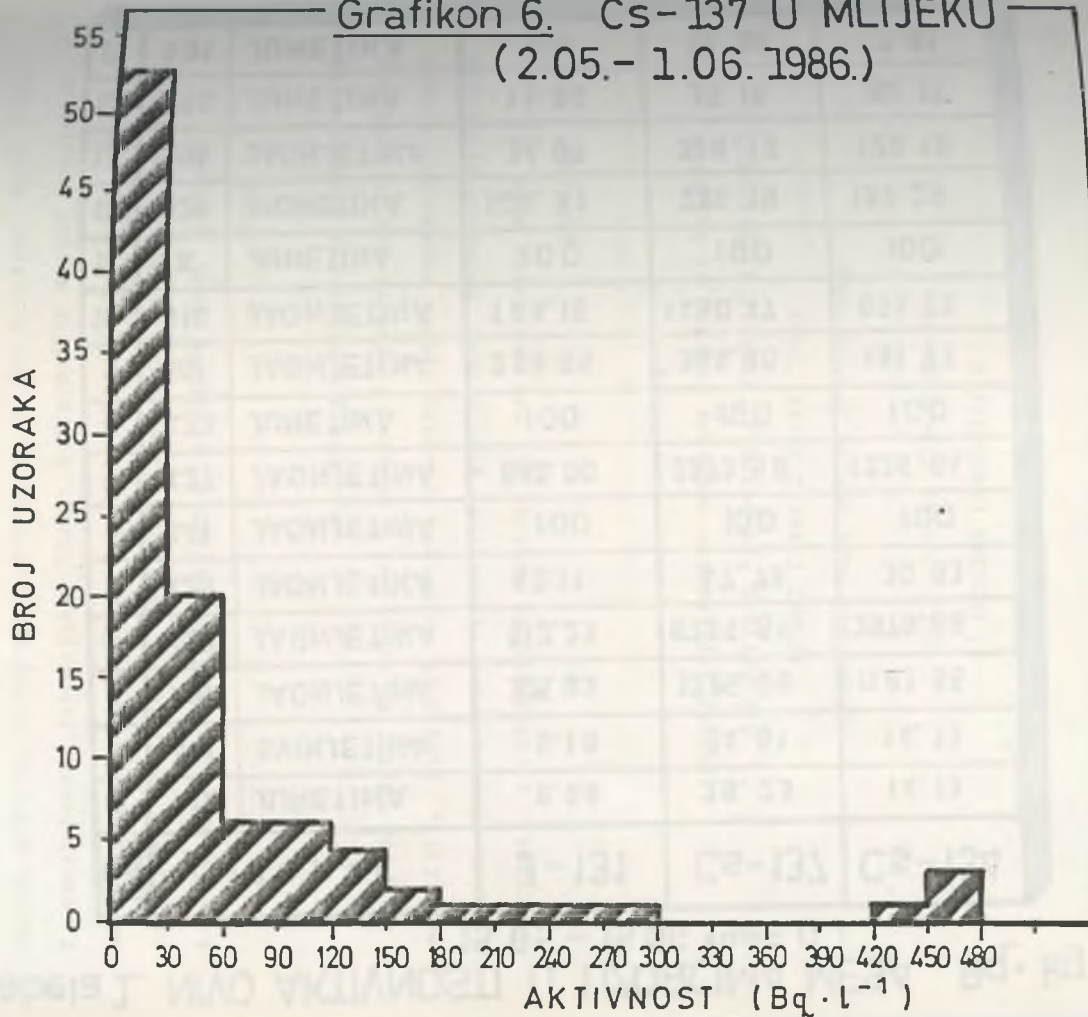


Tabela I. NIVO AKTIVNOSTI U UZORCIMA MESA Bq · kg<sup>-1</sup>  
( 15.05. – 15.06.1986. G.)

Red broj	U Z O R A K		J-131	Cs-137	Cs-134
1	412	JUNETINA	8.88	19.23	14.13
2	411	SVINJETINA	5.18	34.61	14.13
3	410	JAGNJETINA	305.93	3285.96	1181.65
4	409	JAGNJETINA	512.23	6735.61	2979.66
5	428	JAGNJETINA	42.11	47.79	30.83
6	441	JAGNJETINA	IGD	IGD	IGD
7	427	JAGNJETINA	630.00	2273.58	1226.64
8	423	JUNETINA	IGD	IGD	IGD
9	501	JAGNJETINA	268.65	359.80	181.77
10	516	JAGNJETINA	148.15	1450.17	651.73
11	X	JUNETINA	IGD	IGD	IGD
12	526	JAGNETINA	524.31	286.19	137.28
13	594	JAGNJETINA	34.07	328.19	129.10
14	590	JUNETINA	11.85	35.16	30.17
15	591	JUNETINA	IGD	12.39	7.81

DRUGO SAVETOVANJE O PRIRODNOM ZRAČENJU I ZRAČENJU

U PRIRODNOJ SREDINI

Kragujevac, oktobar 1986.

ODREĐJIVANJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI

VODE, HRANE, TRAVE I ZEMLJE

D.Kostić, D.Nikezić, P.Marković, S.Milojević

Institut za fiziku, Prirodno matematički fakultet

Kragujevac

APSTRAKT

U ovom referatu dat je prikaz najznačajnijih rezultata dobijenih merenjem ukupne beta aktivnosti vode, hrane, trave i zemlje neposredno posle havarije nuklearne elektrane "Lenjin" u Černobilju. Sva merenja su vršena u Institutu za fiziku Prirodno matematičkog fakultete u Kragujevcu.

1. UVOD

Kako je posle havarije u nuklearnoj elektrani "Lenjin" u Černobilju došlo do opšte kontaminacije, na Institutu za fiziku Prirodno matematičkog fakulteta u Kragujevcu počelo se sa merenjima jačine ekspozicione doze, aktivnosti vode, hrane i tla. U ovom referatu dat je postupak i rezultati merenja ukupne beta aktivnosti vode, hrane, trave i zemlje.

## 2. METODA MERENJA

Merenje aktivnosti vršeno je instrumentima LARA-5 i LARA-10

LARA-5 se sastoji iz dva brojača vezana u antikoincidenciju i smeštena u olovno kućište tako da je osnovno zračenje manje od 0.05 imp/s. Tako nisko osnovno zračenje omogućava merenje malih aktivnosti. Da bi se vršilo merenje na LARA-5 dobijeni uzorak treba najpre upariti pod infra-crvenim lampama ili običnim sijalicama na temperaturi do 50C, pa zatim ostatak žariti na temperaturi od 450C do konstantne mase. Detaljan opis pripreme uzorka dat je u referenci /2/.

Mnogo brže se može odrediti aktivnost uzorka korišćenjem LARA-10. Na ovom instrumentu merenje se vrši bez predhodne pripreme uzorka, to jest metodom "debelog uzorka". Ova metoda je detaljno opisana u referenci /2/. LARA-10 je pogodna samo za vanredne uslove kada je kontaminacija znatno veća. Kod LARA-10 osnovno zračenje je oko 0.2 imp/s, tako da je nemoguće merenje malih aktivnosti.

Relativna neizvesnost merenja instrumentom LARA-5 je procenjena na 12%, pri čemu nije uzeta u obzir greška koja se čini prilikom uzimanja i pripremanja uzorka. Kod merenja instrumentom LARA-10 relativna neizvesnost je procenjena na 30%.

## 3. MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI VODA IZ AKUMULACIONIH

### JEZERA U OKOLINI KRAGUJEVCA

Pošto je 01.05.1986.godine u popodnevrim časovima, naročito posle obilnog pljuskaja, došlo do znatnog povećanja jačine ekspozicione doze, pretpostavilo se da je kiša radioaktivna, pa

su stoga neposredno posle kiše uzeti uzorci površinske vode sa Gružanskog i Grošničkog jezera. Merenje ukupne beta aktivnosti ovih uzoraka vršeno je na LARI-5 i dobijeni su sledeće vrednosti:

$$\text{SpA ( Gruža )} = ( 170 + 21 ) \text{ kBq/m}^3$$

$$\text{SpA (Grošnica)} = ( 270 + 32 ) \text{ kBq/m}^3$$

Kako se pre havarije ukupna beta aktivnost voda iz ovih akumulacionih jezera kretala oko  $0.1 \text{ kBq/m}^3$  (referenca /1/) može se primetiti da je došlo do znatnog povećanja aktivnosti vode iz akumulacionih jezera.

#### 4. MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI PIJAĆIH VODA

Kako čovek u toku dana unese oko 2 litra vode, potrebno je ustanoviti valjanost vode za piće sa stanovišta radijacione bezbednosti. Stoga su sledećih desetak dana uzimani uzorci vode iz rezervoara iz kojih se grad snabdeva vodom i merena je njihova ukupna beta aktivnost na instrumentu LARA-5. Takodje su uzimani uzorci vode za piće iz gradske mreže i svakodnevno kontrolisani. Dobijeni rezultati dati su u tabeli 1.

TABELA 1. Vrednosti merene ukupne beta aktivnosti vode iz rezervoara kojima se Kragujevac snabdeva vodom i vode iz gradske mreže u toku meseca maja

mesto uzimanja uzorka	SpA ( $\text{kBq/m}^3$ )									
	datum	01.	02.	03.	04.	05.	07.	08.	09.	10.
CAVA		23	83	12	34	3.1	5	0.5	0.3	0.8
KOSUTNJAK		94	22	12	33	4.2	6.4	2.6	1.2	4.0
R-14		72	69	12	37	3.9	4.8	8.5	2.4	3.7
SA ČESME	80	98	-	-	9.1	4.4	2.2	4.6	0.8	1.0

Iz priloženih rezultata se može zapaziti da je već 01.05. u večernjim časovima došlo do znatnog povećanja aktivnosti vode za piće. Posle nekoliko dana došlo je do naglog pada aktivnosti vode za piće što se objašnjava boljim i dužim prečišćavanjem koje je preduzeto.

Usled nastale kontaminacije vršeno je i merenje aktivnosti voda sa gradskih česmi i bunara. Kontrolisana je voda i iz otvorenih i iz zatvorenih bunara i konstatovano da je u otvorenim bunarima kontaminacija bila znatno veća.

Prvih dana aktivnost voda iz bunara kretala se svuda preko  $100 \text{ kBq/m}^3$ . Najveća vrednost je izmerena 06.05. i iznosila je  $(307 + 37) \text{ kBq/m}^3$ . Posle pet do šest dana aktivnost bunarskih voda je znatno opala i kretala se u granicama od  $10 - 50 \text{ kBq/m}^3$ , a već desetak dana posle nastale kontaminacije u bunarskim vodama merena je aktivnost od oko  $1 \text{ kBq/m}^3$ .

## 5. MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI MLEKA I MLEČNIH PRERADJEVINA

Pošto je mleko jedna od osnovnih namirnica koja se u znatnoj meri koristi u svakodnevnoj ishrani, naročito dece bilo je potrebno vršiti kontrolu aktivnosti mleka u cilju odredjivanja njegove valjanosti sa stanovišta radijacione bezbednosti.

Kako se kragujevačka mlekara snabdeva mlekom delom sa farme a delom iz seoskih domaćinstava, vršena je kontrola mleka sa različitih sabirnih stanica. Neki od rezultata aktivnosti mleka kako pre prerade tako i pasterizovanog i jogurta dati su u tabelama 2, 3 i 4.

TABELA 2. Ukupna beta aktivnost mleka sa raznih sabirnih stanicau toku meseca maja

mesto uzimanja datum	SpA ( kBq/m <sup>3</sup> )				
	04.	06.	07.	08.	09.
DOBRIČEVO	-	-	67	-	-
GRUŽA	675	-	200	571	184
PETROVAC	-	506	-	-	-
KOMORICE	-	1749	-	-	-
BATOČINA	-	-	215	-	-
SEDLARE	-	-	87	-	-
TRNAVA	-	-	143	577	-
RAČA	-	-	156	-	-
JOVANOVAČ	-	-	247	-	-
BRZAN	-	-	-	190	-
SVILAJNAC	-	-	-	970	-
NATALINCI	-	-	-	620	-
STRAGARI	-	-	-	-	106
PAJAZITOVO	-	-	-	-	134

TABELA 3. Ukupna beta aktivnost pasterizovanog mleka i jogurta kragujevačke mlekarne

vrsta uzorka datum	SpA ( kBq/m <sup>3</sup> )						
	04.	07.	11.	12.	13.	14.	22.
pasterizovano mleko	434	72	150	107	67	178	154
jogurt	-	-	162	212	236	256	-

TABELA 4. Ukupna beta aktivnost pasterizovanog mleka od nekoliko mlekarara

mesto	datum	SpA ( kBq/m <sup>3</sup> )
ZAJEČAR	07.05.	122
SVETOZAREVO	07.05.	164
CUPRIJA	07.05.	329

Iz dobijenih rezultata se može primetiti da sa jedne strane imamo mleka čija aktivnost prelazi 1000 kBq/m<sup>3</sup>, a sa druge strane mleka čija je aktivnost oko 100 kBq/m<sup>3</sup>. Ovako velika razlika se može objasniti različitim načinom ishrane i napajanja stoke. Ukoliko je stoka bila na ispaši i pila kišnicu razumljivo je da

će aktivnost njenog mleka biti mnogo veća od aktivnosti mleka krava koje su hranjene nekontaminiranom hranom i pojene vodom iz zatvorenih bunara.

## 6. MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI VOĆA I POVRCA

Kako se havarija u nuklearnoj elektrani u Černobilju desija u proleće kada je vreme sazrevanja prvog voća i povrća, koje se tada mnogo koristi u svakodnevnoj ishrani, od velikog je interesa bilo meriti njegovu aktivnost i odrediti njegovu valjanost za ishranu sa stanovišta radijacione bezbednosti.

Merjenja aktivnosti voća dala su sledeće vrednosti:

SpA (trešnje)=( 200 - 500 ) Bq/kg

SpA (jagode)=( 200 - 600 ) Bq/kg

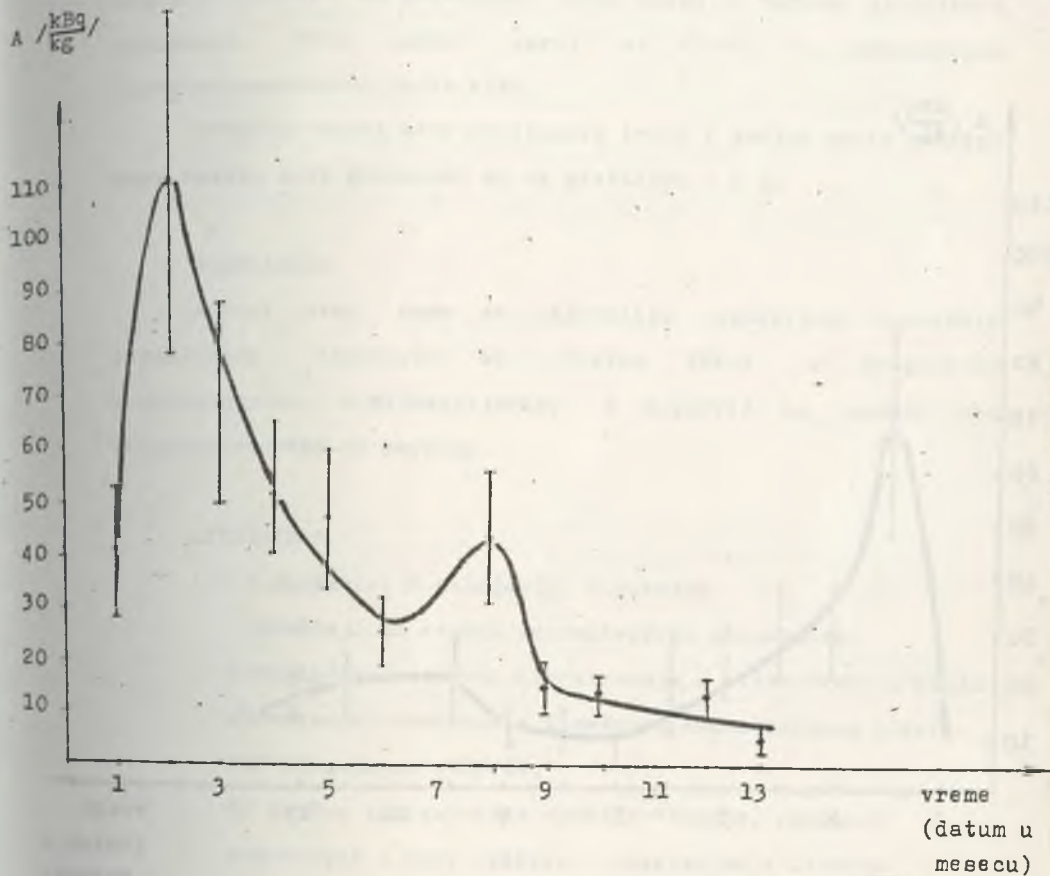
SpA (šum.jag.)=(700 - 800 ) Bq/kg

Kod zelene salate merena ja aktivnost od oko 10 kBq/kg, a u pojedinim uzorcima aktivnost se kretala i 30-40 kBq/kg uzorka.

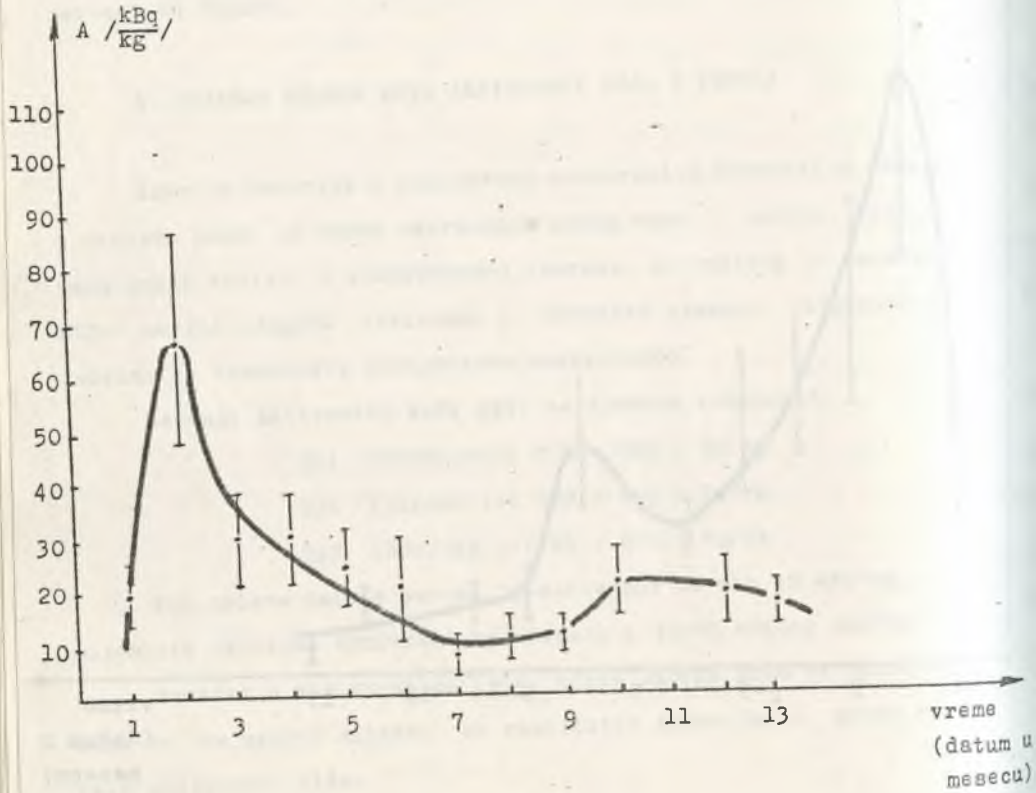
Razlike u aktivnostima iste vrste uzorka može se objasniti time da su uzorci uzimani sa različitih lokacija, a svuda nije palo podjednako kiše.

## 7. MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI ZEMLJE I TRAVE

Pošto se najveći deo kišnice koja je donela radioaktivne elemente zadržao na travi i površinskom sloju zemlje vršena su merjenja ukupne beta aktivnosti tla. Svakodnevno su uzimani uzorci



Graf. 1  
UKUPNA AKTIVNOST TRAVE U  
TOKU MESECA MAJA



Graf. 2  
UKUPNA AKTIVNOST ZEMLJE U  
TOKU MESECA MAJA

trave i zemlje sa približno istog mesta i merena je njihova aktivnost. Prvi uzorci uzeti su 01.05. u popodnevnim časovima, neposredno posle kiše.

Promene ukupne beta aktivnosti trave i zemlje prvih desetak dana meseca maja prikazane su na graficima 1 i 2.

#### ZAHVALNICA

Autori ovog rada se najtoplije zahvaljuju tehničkim saradnicima Instituta za fiziku PMF-a u Kragujevcu S. Antonijeviću, D. Milosavljeviću i S. Djurić na pomoći oko pripreme uzoraka za merenje.

#### LITERATURA

/1/ P. Marković, S. Milojević, D. Nikezić

Izveštaji po naučno istraživačkim projektima:

a) Multidisciplinarna istraživanja u slivu Gruže u cilju formiranja, održavanja i zaštite Akumulacionog jezera, PMF Kragujevac 1983/84,

b) Naučno istraživačka studija "Stanje, problemi, mogućnosti i mere zaštite i unapredjenja životne sredine na području regiona Sumadije i Pomoravlja" PMF Kragujevac, 1986

/2/ G. Djurić, B. Petrović

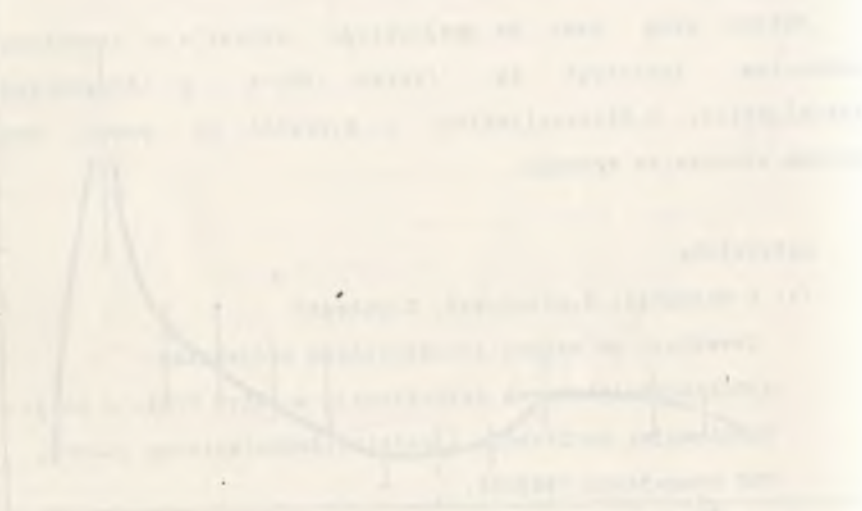
Praktikum za radijacionu higijenu, Naučna Knjiga, Beograd

/3/ P. Marković, D. Nikezić, S. Milojević

Odredjivanje ukupne beta aktivnosti voda reke i akumulacije "Gruža", Čovek i životna sredina, Savez

SKSSRNJ za zaštitu i unapredjenje životne sredine,  
Beograd 1984.

/4/D.Nikezić, P.Marković, D.Kostić, DJ.Bek-Uzarov, M.Križman  
Identifikacija radionuklida i merenje aktivnosti u  
padavinama u okolini Kragujevca 01.i 02.05.1986.godine



II SAVETOVANJE JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD  
ZRAČENJA, Kragujevac, 6-8. oktobar 1986.

N. Lokobauer, A. Bauman, D. Cesar I G. Marović

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

PROCJENA EFEKTIVNE EKVIVALTNE DOZE ( $H_E$ )  
OD INHALACIJE

SAŽETAK

Nakon akcidenta na NE "Lenjin" u Černobilu, u zraku na području Zagreba detektirani su slijedeći značajni radionuklidi (gama emiteri):  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{J}$  i  $^{103}\text{Ru}$ .

Procjenu efektivne ekvivalentne doze ( $H_E$ ) od inhalacije učinili smo za populaciju djece od 6 mjeseci i za odrasle, a pri izračunavanju smo se služili fiziološkim parametrima (1) i konverzionim faktorima za doze zračenja (2-4).

UVOD

Atmosfera je primarni recipijent zračenih radioaktivnih kontaminanata, bez obzira da li ovi zagadjivači potječu iz eksplozija nuklearnih pokusa ili iz nuklearnih instalacija.

Radionuklidi prisutni u atmosferi deponiraju se na površinu Zemlje u manjoj količini direktno vezanu za aerosole (tzv. suhi fallout), a većina ih doseže površinu Zemlje putem padavina.

Izloženost čovjeka zbog atmosferske kontaminacije s radioaktivnim supstancama može biti:

- a) vanjska (iz radioaktivnog oblaka)
- b) unutrašnja (od radioaktivnih supstanci unešenih u organizam inhalacijom)
- c) vanjska (od radioaktivnih supstanci deponiranih na površinu zemlje)
- d) unutrašnja (od radioaktivnih supstanci unešenih u organizam ingestijom kontaminirane hrane - u posebnim slučajevima vode)

Izuzev plemenitih plinova, koji nas izlažu gama i beta radijaciji iz oblaka i malo doprinose ukupnoj dozi, u zraku se nakon akcidenata na nuklearnim instalacijama detektiraju slijedeći značajni radionuklidi:  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{J}$  i  $^{103}\text{Ru}$ .

Osim navedenih gama emitera treba spomenuti još  $^{239,240}\text{Pu}$  i  $^{89,90}\text{Sr}$ .

Kada se procjenjuje doza od inhalacije treba imati na umu da će se kratkoživi radionuklidi raspasti, te se procjena izloženosti populacije može učiniti za relativno kratko vremensko razdoblje.

Dugoživi radionuklidi će se deponirati na površinu zemlje, a odatle doprinjeti vanjskoj izloženosti populacije i unutrašnjoj, translocirajući se u lanac ljudske prehrane.

Kod proračuna doze od inhalacije od navedenih radionuklida (gama emitera) koji bi mogli doprinjeti ukupnoj dozi na populaciju su:  $^{131}\text{J}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  i  $^{132}\text{Te}$ .

#### METODE OBRADE

Uzorci zraka kontinuirano se sakupljaju crpljenjem zraka pomoću pumpe s velikim kapacitetom protoka i "glass fiber" filterom 20 x 25 cm.

Gamaspektrometrijska analiza zraka vrši se Ge (Li) detektoro sa 4000- kanalnim analizatorom Camberra.

$^{131}\text{J}$  u zraku analiziran je, osim iz velikog volumena zraka, crpljenjem zraka preko filtera za plinoviti jod i aerosole (TEDA-filter).

Procjena efektivne ekvivalentne doze ( $H_E$ ) od inhalacije učinjena je za populaciju djece od 6 mjeseci i za odrasle. Pri izračunavanju smo se služili fiziološkim parametrima (1) i konverzionim faktorima za doze zračenja (2-4).

## REZULTATI

Na tablici 1. prikazane su prosječne dnevne aktivnosti  $^{131}\text{J}$  izmjerene u Zagrebu i odgovarajuće doze od inhalacije za djecu od 6 mjeseci i za odrasle.

Od 10.05.1986. godine do danas aktivnost  $^{131}\text{J}$  u zraku je zanemariva, te je efektivna ekvivalentna doza od inhalacije procjenjena za razdoblje od 10 dana.

Procjena je učinjena za štitnjaču i za cijelo tijelo, a brzina inhalacije ( $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ) je uzrokom veće primjene doze za populaciju odraslih.

Na tablici 2. date su procjene dnevne i petodnevne efektivne ekvivalentne doze od inhalacije  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$  za razdoblje od 30.04.-05.05.1986. godine. Tih dana aktivnost navedenih radionuklida u zraku Zagreba je bila najviša, a odgovarajuće doze malo doprinose ukupnoj dozi na populaciju. Procjena je učinjena za populaciju odraslih.

## ZAKLJUČAK

Iz navedenog se može zaključiti da je aktivnost radionuklida u zraku s područja Zagreba, nakon akcidenta na NE "Lenjin" u Černobilu, suviše niska da bi izazvala akutne radijacijske efekte.

Kako prag doze ispod kojeg se kasniji efekti ne mogu pojaviti nije poznat, u cilju zaštite treba vršiti kontrolu svih ekoloških komponenata.

## ABSTRACT

The main nuclides that have been found in the air of Zagreb after nuclear accident in Chernobyl are:  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{131}\text{J}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{J}$  i  $^{103}\text{Ru}$ .

The assesment of the effective dose equivalent ( $H_E$ ) from inhalation has been done for children (6 months) and for the adults.

Dose convection factors and physiological parameters were used for the calculation.

## LITERATURA

1. ICRP Publication No. 23. Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press (1974).
2. World Health Organisation. Selected Radionuclides. Geneva, 1983.
3. Regulatory Guide 1.109. USNRC, october 1977.
4. Safety Series NO-9. IAEA, 1982.

TABLICA 1 - Prosječne dnevne aktivnosti  $^{131}\text{J}$  izmjerene na području Zagreba i odgovarajuće doze od inhalacije

Datum	Prosječna dnevna aktivnost $^{131}\text{J}$ u zraku ( $\text{Bq m}^{-3}$ )	Djeca		Odrasli	
		Cijelo tijelo	Štitnjača	Cijelo tijelo	Štitnjača
		$H_{\text{E,d}}$ ( $\mu\text{Sv}$ )	$H_{\text{E,d}}$ ( $\mu\text{Sv}$ )	$H_{\text{E,d}}$ ( $\mu\text{Sv}$ )	$H_{\text{E,d}}$ ( $\mu\text{Sv}$ )
01.05.1986.	25,8	1,13	54,7	5,69	86,6
02.05.1986.	11,1	0,49	23,6	2,45	37,2
03.05.1986.	12,1	0,53	25,7	2,67	40,6
04.05.1986.	5,4	0,24	11,4	1,19	18,1
05.05.1986.	5,4	0,24	11,4	1,19	18,1
06.05.1986.	1,7	0,07	3,61	0,38	5,7
07.05.1986.	2,1	0,09	4,4	0,46	7,0
08.05.1986.	1,8	0,08	3,9	0,39	6,0
09.05.1986.	0,63	0,03	1,9	0,14	2,1
10.05.1986.	0,11	0,005	0,2	0,02	0,4

od 10.05.1986.  
do danas - zanemarivo

$\sum_{d=1}^{10} H_{\text{E,d}}$	2,91	140,2	14,58	221,8
----------------------------------	------	-------	-------	-------

TABLICA 2 - Procjena efektivne ekvivalentne doze ( $H_{E,d}$ ) od inhalacije  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$  za razdoblje od 30.04.-05.05.1986. godine.

Radionuklid	Prosječna dnevna (30.04.-31.05.1986) aktivnost radionuklida u zraku /Bqm-3/	Odrasli	Odrasli
		cijelo tijelo $H_{E,d}(\mu\text{Sv})$	cijelo tijelo $\sum_{n=1}^E H_{E,d}(\mu\text{Sv})$
$^{134}\text{Cs}$	3,62	0,39	1,17
$^{137}\text{Cs}$	8,1	0,37	1,11
$^{132}\text{Te}$	68,3	$3,32 \times 10^{-3}$	$6,15 \times 10^{-3}$
$^{140}\text{Ba}$	3,4	$0,47 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-4}$
$^{140}\text{La}$	3,4	$0,47 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-4}$

Sekcija 4

OSTALI PRILOZI

/RADIOTOKSIKOLOGIJA, GAMASPEKTROMETRIJA I METROLOGIJA/



## DRUGO SAVETOVANJE

### IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I PROCENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA

Kragujevac, 6-8. oktobar 1986. godine

#### MOGUĆNOST PRIMENE RADIOTOKSIKOLOŠKIH PROCEDURA U VANREDNIM SITUACIJAMA

Ž.Ubović, K.Milivojević, Dj. Bek-Uzarov, S.Jovanović, M.Stojanović,  
D.Patić, R.Smiljanić, N.Ajdačić, M.Martić i R.Martinc

#### Abstrakt

U radu su prikazani rezultati merenja radioizotopa detektovanih u urinu različitim radiohemijskim i direktnim gama spektrometrijskim metodama merenja, kod osoba koje su bile izložene kontaminaciji pri boravku u Kijevu, u periodu akcidenta na reaktoru u Černobilju. Dobijene vrednosti su obračunavane (automatskom obradom podataka) po ekstrapolacionim krivama za retenciju i ekskreciju pojedinih radioizotopa deponovanih u telu kontaminiranih osoba prema važećim preporukama IAEA..

Istovremeno su prikazani i rezultati merenja  $^{131}\text{I}$  u tireoideji kao i uporedna merenja jačine ekvivalentnih doza beta-gama radionuklida za celo čovečije telo merenih na uređajima MAČT (Whole body Counter -WBC). Pokazalo se da čak i improvizovana merenja sadržaja  $^{131}\text{I}$  samo u tireoideji se vrlo dobro slažu sa jačinama ekvivalentnih absorbovanih doza beta-gama zračenja za celo čovečije telo.

Ovaj rad predstavlja komparativni prikaz rezultata direktnih i indirektnih merenja radionuklida prisutnih u organizmu. Posle havarije na nuklearnoj elektrani u Černobilju, počev od 30.IV.1986. godine i tokom maja, Institutu za radiobiologiju i radijacionu medicinu u sastavu RO Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča, prijavilo se oko 400 lica radi utvrđivanja nivoa kontaminacije radionuklidima i izvodjenja odgovarajuće obrade. Obim spoljašnje i unutrašnje kontaminacije varirao je u zavisnosti od mesta boravka nakon nesreće. Analizom su obuhvaćena uporedna merenja radionuklida detektovanih u organizmu kod različitih populacionih grupa, kao i mogućnosti primene ovih procedura u vanrednim situacijama.

Rezultati direktnog merenja  $^{131}\text{I}$  u tireoideji u celom telu upoređeni su sa indirektnom procenom telesnog sadržaja i sadržaja u kritičnom

organu istog radionuklida na osnovu merenja 24 h uzorcima urina. Svi rezultati, dobijeni radiotoksikološkim procedurama, obradjeni su pomoću ekstrapolacionih krivih za retenciju i ekskreciju na računaru.

#### Postupci i metode

Radiotoksikološke analize izvodjene su dvojako:

- a) Jednokratni uzorci urina obradivani su analitičkim postupkom na radioaktivne izotope joda, na principu jonoizmenjivačke izmene radioaktivnog joda sa neaktivnim jonom joda, na srebrojodidnoj-azbestnoj podlozi, a mereni su na zvonastom Geiger-Müllerovom brojaču. Ista podloga, komparativno je merena na NaI (Tl) kristalu sa jamom, dimenzije 3" x 3" i na ND - 2400 gamaspektrometrijskom uređaju sa HP (Ge) poluprovodničkim detektorom i 4096 - kanalnim analizatorom, radi utvrđivanja kvantitativne vrednosti za izotop  $^{131}\text{I}$  i ostale prisutne izotope.
- b) 24 h uzorci urina tretirani su:
  - Analitičkim postupkom na  $^{131}\text{I}$  gore opisanom tehnikom.
  - Gama spektrometrijskom metodom na prisutne radionuklide (uzorci od 1000ml). Merenja su izvršena na super čistom Ge detektoru relativne efikasnosti 8% i rezolucije 1,75 keV. Greška merenja za  $^{131}\text{I}$  određenog gama spektrometrijskom metodom iznosila je oko 20% a analitičkim postupkom oko 10%.
  - Na radioaktivne izotope Cs analitičkim postupkom- taloženjem na fosfomolibdatnoj podlozi i merenjem na zvonastom Geiger Müllerovom brojaču.
  - Komparativnim merenjem fosfomolibdatne podloge na gama spektrometru sa poluprovodničkim detektorom HP (Ge) PGT, USA i 2048 kanalnom analizatoru NUCLEAR DATA ND-60, radi utvrđivanja kvantitativne vrednosti za  $^{137}\text{Cs}$ . Greška merenja  $^{137}\text{Cs}$  iznosila je do 15%.
  - Analitičkim postupkom na  $^{90}\text{Sr}$  - kooprecipitacijom sa oksalatima i detekcijom  $^{90}\text{Sr}$  preko  $^{90}\text{Y}$  posle uspostavljanja ravnotežnog stanja. Prinos metode bio je oko 90%.

Sve vrednosti dobijene analitičkim postupcima i direktnim merenjem gama aktivnosti urina obračunavane su na početnu aktivnost  $A_0$  (Bq) i dalje teoretski obradivane pomoću ekstrapolacionih funkcija za ekskreciju i retenciju prema preporukama ICRP-a (1,2).

Korišćenjem računara HONEYWELL DPS 6 GCOS 6 MOD 400 napravljene su tablice po danima za aktivnost koja ostaje u organizmu i koja se izlučuje iz organizma. Ovo je uradjeno za sve izotope koji su detektovani u urlnima izmerenih osoba.

Direktno merenje  $^{131}\text{I}$  u tiroideji kod istih osoba vršeno je na scintilacionom brojačkom uređaju sa NaI (TI) kristalu dimenzija  $3'' \times 3''$ , improvizovanom za merenje tiroideje čiji je energetski prozor postavljen za detekciju samo radionuklida  $^{131}\text{I}$ . Merenja su vršena tako da je kristal scintilacionog brojača, bez posebne kolimacije, reproduktivno postavljen ispitaniku naspram tiroideje, pa su tako merene brzine brojanja u svim slučajevima dvostrukim odbrojem na predodređeno vreme merenja.

Merenje ukupne aktivnosti celog čovečijeg tela i jačine ekvivalentnih doza beta-gama radionuklida mereno je na uređaju MAČT (Whole Body Counter-WBC). Spektri su mereni višekanalnim analizatorom CANBERRA 80 i sa energetskim razlaganjem reda 12-15% i 256 kanala.

#### Rezultati i diskusija

Jugosloveni koji su boravili u Kijevu u vreme i posle akcidenta u Černobilju, svrstani su u tri populacione grupe:

- I - Jugosloveni na školovanju u Kijevu, koji su se u našu zemlju vratili neposredno posle udesa (do 3.V.1986. godine);
- II - Jugosloveni koji su bili kao turisti prisutni u Kijevu u periodu od 26.IV.- 28.IV.1986. godine i od 30.IV. - 2.V. 1986. godine i
- III - Samo jedan Jugosloven koji je u Kijev stigao 1.V.1986. godine i boravio u Kijevu do 10.V.1986. godine (Tabela 1).

Kao što se iz Tabele I. vidi, prve dve populacione grupe primile su približno istu kontaminaciju tela.

Jugosloven iz III populacione grupe i pored najdužeg boravka u Kijevu nije primio veću kontaminaciju od prethodne dve grupe, što ukazuje da je izlaganje najvećoj kontaminaciji u životnoj sredini u Kijevu bilo do 2.V.1986. godine.

Detektovani su sledeći radioizotopi:  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ - $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$  -  $^{140}\text{La}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  i prirodni izotop  $^{40}\text{K}$ .

Od analiza, radjena je još i ukupna beta aktivnost u uzorcima.

TABELA I. AKTIVNOST RADIONUKLIDA, DETEKTOVANIH KOD JUGOSLOVENA KOJI SU BILI U KIJEVU ZA VREME I NEPOSREDNO POSLE AKCIDENTA U ČERNOBILJU

POPULACIJA	METODA MERENJA	Uzorci od 24 h. AKTIVNOST UNETA U ORGANIZAM $A_0$ data u kBq									
		$^{103}\text{Ru}$	$^{131}\text{I}$	$^{132}\text{Te}$ $^{132}\text{I}$ u ravnoteži	$^{134}\text{Cs}$	$^{136}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{140}\text{Ba}$ $^{140}\text{La}$ u ravnoteži	$^{60}\text{Co}$	$^{90}\text{Sr}$ $^{90}\text{Y}$ u ravnoteži	$^{40}\text{K}$
I JUGOSLOVENI NA ŠKOLOVANJU U KIJEVU do 3.V.1986.	RADIOHEMIJSKA		40- 52				0,9- 2,1		0,12- 0,18		
	GAMA SPEKTRO- METRIJSKA		36,3- 50	50- 65	0,5- 0,7	0,23	1,0- 2,0			0,020- 0,036	
II JUGOSLOVENSKI TURISTI U KIJEVU 26.IV.-28.IV.1986. 30.IV.-2.V.1986.	RADIOHEMIJSKA		23- 74				0,92- 4,5		0,1- 0,2		
	GAMA SPEKTRO- METRIJSKA	3	23- 96	40- 152	0,4- 1,0	0,27	0,8- 4,0	0,3- 0,6	0,5- 1,5	0,018- 0,036	
III TURISTA U KIJEVU I. V.-9.V.1986.	RADIOHEMIJSKA		45,4				1,2		0,11		
	GAMA SPEKTRO- METRIJSKA	0,82	42	77,3	0,72		1,23			0,03	

Aktivnost  $^{132}\text{Te}$  prema aktivnosti  $^{131}\text{I}$  eliminisanog iz organizma bila je u odnosu  $1,7 \pm 0,5$ . S obzirom da je  $^{132}\text{Te}$  u ravnoteži sa  $^{132}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$  je bilo isto tako  $1,7 \pm 0,5$  puta više od  $^{131}\text{I}$ . Uzimajući u obzir energije  $^{132}\text{I}$  od  $0,67 \text{ MeV}$  <sup>(3)</sup>, fizičko vreme poluraspada  $T_{1/2} = 2,4 \text{ dana}$  <sup>(3)</sup> i biološko vreme polueliminacije  $^{132}\text{Te}$  od 30 dana <sup>(1)</sup>, kao i to da su kritični organ za telur bubrezi, na početku kontaminacije bubrezi i bešika su bili organi sa najvećom ekvivalentnom dozom. Eliminacija i ostalih radionuklida pretežno je išla preko bubrega i bešike. Feces nije radjen.

Usporedna merenja direktnim i indirektnim metodama pokazala su izvanredna slaganja rezultata u granicama  $\pm 20\%$ , što se u ovakvim masovnim kontaminacijama može smatrati više nego zadovoljavajućim.

Detekcija  $^{131}\text{I}$  iz tireoida komparirana je sa radiotoksikološkim analizama za unutrašnju kontaminaciju  $^{131}\text{I}$  kod istih osoba, Tabela II. Postignuta su dobra slaganja. U Tabeli II date su uporedne vrednosti za direktno merenje i indirektnu procenu  $^{131}\text{I}$  u tireoidu. Na nekoliko primera upoređeni su podaci za nekoliko mladih osoba, iste starosne kategorije oko 24. godine, iste populacione grupe (boravili u Kijevu 30.IV.1986. i 1.V.1986. godine).

TABELA II. UPOREDNI PRIKAZ VREDNOSTI ZA  $^{131}\text{I}$  U TIREOIDEJI JUGOSLOVENA TURISTA IZ KIJEVA, DOBIJENIH DIREKTNIM I INDIREKTNIM METODAMA

Osoba (pol)	Datum merenja 1986.	SADRŽAJ $^{131}\text{I}$ U TIREOIDEJI	
		Vrednosti dobijene direktnim merenjem nad tireoidom (kBq)	Vrednosti dobijene analitič- kim metodama iz 24 h urina (kBq)
A (f)	4 maj	1,36	1,41
B (f)	"	1,70	1,84
C (m)	5 maj	3,47	3,64
D (f)	"	2,75	1,77
E (f)	"	3,74	3,98
F (f)	6 maj	1,88	2,22

Takođe se pokazalo da brzina brojanja, merenjem nad tireoidom, vrlo dobro korelira sa merenjima jačina ekvivalentnih doza zračenja za celo telo, Tabela III. Razume se, da ta korelacija vredi sve dok postoji radionuklid  $^{131}\text{I}$  u razumnim količinama u smeši drugih radionuklida kontaminanata. Praktično ta korelacija se može koristiti na dve nedelje nakon prvobitne kontaminacije.

TABELA III. UPOREDNI PRIKAZ SADRŽAJA  $^{131}\text{I}$  U CELOM TELU, UKUPNE AKTIVNOSTI CELOG TELA I ODGOVARAJUĆIH EKVALENTNIH DOZA KOD JUGOSLOVENA TURISTA IZ KIJEVA

Sadržaj $^{131}\text{I}$ u celom telu (kBq)	Vrednosti dobijene iz merenja nad tireoidejom Vrednosti dobijene iz merenja 24 h -og urina	15,7 - 61,5 13,6 - 63,9
Ukupna kontaminacija tela (kBq)	Gamaspektrometrija 24h-og urina Gamaspektrometrija celog tela	80,2 - 250,0 88,0 - 320,0
Jačina ekvivalentnih doza zračenja (pSv/s)		65,1 - 195,0

Na osnovu sadržaja  $^{131}\text{I}$  moguće je izvršiti grubu aproksimaciju unete aktivnosti za celo telo, što se vidi (Tabela III) iz odnosa nivoa aktivnosti  $^{131}\text{I}$  kod kontaminiranih osoba (dobijenog preko direktnog merenja aktivnosti u tireoideji ili indirektnom procenom i ukupne aktivnosti u celom telu, koja potiče od ostalih beta-gama emitera, dobijenih direktnim merenjem ili indirektnom procenom iz urina). Ovaj odnos za osobe akcidentalno kontaminirane pri Černobiljskoj havariji pokazuje da je  $^{131}\text{I}$  zastupljen sa oko 20% u ukupnoj aktivnosti celog tela.

Iz merenja sadržaja  $^{131}\text{I}$  u tireoideji proizilazi da se u slučajevima masovnih kontaminacija ne moraju meriti aktivnosti i doze za celo telo skupim i sporim metodama, već je uputno koristiti se za grube procene i metodama korelacionog određivanja jačine ekvivalentne doze iz merenja sadržaja  $^{131}\text{I}$  u tireoideji.

Autori žele da iskažu zahvalnost A.Kukoču i P.Adžiću na delu gamaspektrometrijskih merenja uzoraka urina, a specijalno A.Kukoču na stručnoj pomoći i korisnim diskusijama.

Takodje, autori se zahvaljuju svojoj kolegini i I.Djujić kao i tehničkim saradnicima, V.Mardešić, S.Gnjatović i R.Sapundžić.

#### Reference

1. Evaluation of Radiation Doses to Body Tissue from Internal Contamination due to Occupational, ICRP Publication 10, IAEA, Vienna, 1967.
2. The Assessment of Internal Contamination Resulting from Recurrent or Prolonged Uptakes, ICRP Publication 10A, IAEA, Vienna, 1967.
3. Lederer, C.M., Hollander J.M. and Perlman I., Table of Isotopes Sixth Edition J.Wiley and Sons Inc. N.York. London, Sidney, copyright 1967.

## II SAVJETOVANJE JUGOSLOVENSKEG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Kragujevac, 6-8. oktobar 1986.

G. Marović, A. Bauman, N. Lokobauer

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

### BIOINDIKATORI RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE

#### SAZETAK

U radu su prikazani rezultati analiza mahovine i nekoliko vrsta divljači s različitih lovni područja SR Hrvatske. Određena je aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u mahovini, mesu i iznutricama pernate i ostale divljači, nakon akcidenta na NE "Lenjin" u černobilu. Dobivene aktivnosti su varirale obzirom na vrstu divljači, od vrlo visokih do zanemarivo malih.

#### UVOD

Nakon akcidenta na NE u černobilu došlo je do povećane globalne depozicije  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  na površinu zemlje. Oba radionuklida su vrlo toksična, a fizikalno-kemijske karakteristike su im takve da se aktivno uključuju u lanac ishrane životinja preko bilja, a time i u čovjeka. Mahovine, lišaji i višegodišnje bilje s laganim rastom akumuliraju  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$ , te zajedno s divljači koja se njima hrani postaju bio-indikatori radioaktivne kontaminacije.

#### METODA

Uzorci mahovine i divljači dostavljeni su s nekoliko lovni područja u SR Hrvatskoj, u sklopu ugovora s Lovačkim Savezom Hrvatske. Uzorci su analizirani Ge/Li/ detektorom s 4000- kanalnim detektorom Canberra.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja prikazani su na 6 tablica. Mahovine pokazuju visoke aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$ , a aktivnost se kreće u rasponu od 400-4200 Bq kg<sup>-1</sup> za  $^{134}\text{Cs}$  i 950-8500 Bq kg<sup>-1</sup> za  $^{137}\text{Cs}$ .

(tablica 1.).

Dobivene aktivnosti  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama u mesu divljači varirale su ovisno o vrsti divljači tako da se aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  u mesu srna i jelena kretala od 8-985 Bq kg<sup>-1</sup>, a aktivnost  $^{137}\text{Cs}$  od 23-2099 Bq kg<sup>-1</sup>. Aktivnosti u iznutricama nalaze se unutar tih raspona što se vidi iz tablice 2 i 3.

Slična je situacija sa zečevima (tablica 4.), dok su divlje svinje (tablica 5) i pernata divljač vrlo malo kontaminirane ili je kontaminacija daleko ispod dozvoljenih granica.

Iz rezultata je vidljivo da je odnos  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  oko 1:2, a iz vremena poluraspada ( $T_{1/2}$   $^{134}\text{Cs}$  = 2,5 godina,  $T_{1/2}$   $^{137}\text{Cs}$  = 30,17 godina) možemo zaključiti da će oba radionuklida (posebno  $^{137}\text{Cs}$ ) biti dugovremeni kontaminanti čovjekove okoline.

U svrhu kontrole i u dogovoru s Lovačkim Savezom Hrvatske pratit će se i dalje kretanje radioaktivne kontaminacije divljači, a povećana aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  očekuje se u studenom i prosincu.

## ABSTRACT

### BIOINDICATORS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

The paper deals with the results of analysis of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in samples of moss and intestines from feathered and other game from several hunting areas in the Republic of Croatia after the Chernobyl accident. The activities determined varied with respect to the type of game from very high to negligibly low ones.

Tablica 1.

Aktivnost radionuklida u mahovini ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )

Lokacija	Datum	$^{141}\text{Ce}$	$^{132}\text{Te}$	$^{131}\text{J}$	$^{103}\text{Ru}$	$^{134}\text{Cs}$
BISTRA	05.05.86.	97	.	9011	1423	407
STRUŽEC	05.05.86.	709	13288	33358	10737	2309
ROGOZNO	09.05.86.			6154		
GORSKI KOTAR						
LIČKI OSIK	24.05.86.	228	579	6270	10654	4181
NAC. PARK						
PLITVICE	24.05.86.	263	261	2706	4009	1638
NAC. PARK						
PLITVICE	29.06.86.			64	1021	926
NAC. PARK						
PLITVICE	05.08.86.	31			807	990
UDBINA	27.06.86.			223	3223	1800
MALJKOVO						
(KNIN-SINJ)	27.06.86.			314	6113	3935

$^{137}\text{Cs}$	$^{95}\text{Zr-Nb}$
947	74
5302	417
8807	
3424	343
2073	
2184	53
4059	209
8533	80

Tablica 2.

Aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama i mesu divljači (Bq kg<sup>-1</sup>)

Srna

Lokacija	Datum	Jetra		Pluća		Bubrezi		Srce		Rebra		But	
		$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
BUJE	04.06.86.	-	-	77	101	-	-	66	71	126	239	104	183
BJELOVAR HRVAT.	27.05.86.	132	154	225	447	258	547	251	392	325	540	277	546
DUBICA	02.06.86.	226	528	475	957	506	1067	-	-	993	1977	985	2099
SLAVONSKI BROD	19.06.86.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	107	219
BUJE	03.09.86.	IGD	6	6	12	IGD	38	IGD	IGD	IGD	19	10	28
PLITVICE	22.08.86.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	156
VARAZDIN	21.08.86.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	71

IGD - ispod granice detekcije

Tablica 3.

Aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama i mesu divljači ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )

Jelen lopatar

Lokacija	Datum	Jetra		Pluća		Bubrezi		Rebra		But	
		$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
HRVATSKA DUBICA	28.05.86.	489	994	475	929	643	1320	542	1079	672	1263
KARLOVAC	02.09.86.	IGD	IGD	-	-	IGD	41	-	-	IGD	65
MALI LOSINJ	10.09.86.	IGD	11	IGD	IGD	-	-	-	-	8	23

IGD - ispod granice detekcije

Tablica 4.

Aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama i mesu divljači (Bq kg $^{-1}$ )

Zec

Lokacija	Datum	Jetra		Pluća		Bubrezi		Srce		Rebra		But	
		$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
BJELOVAR	27.05.86.	206	390	131	242	-	-	137	421	469	836	535	977
UDBINA	02.06.86.	124	252	-	-	475	1769	-	-	-	-	338	715
DUGO SELO	27.05.86.	51	85	35	44	205	176	IGD	IGD	-	-	119	254
VARAZDIN	21.08.86.	IGD	IGD	IGD	IGD	-	-	-	-	-	-	IGD	IGD
BUJE	03.09.86.	IGD	IGD	IGD	IGD	IGD	IGD	-	-	IGD	IGD	IGD	IGD

IGD - ispod granice detekcije

Tablica 5.

Aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama i mesu divljači ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )

Divlja svinja

Lokacija	Datum	Jetra		Pluća		Bubrezi		Srce		Rebra		But	
		$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
OSIJEK	20.05.86.	IGD	IGD	IGD	IGD	IGD	IGD	46	90	IGD	IGD	-	-
KARLOVAC	02.09.86.	IGD	9	IGD	IGD	IGD	24	IGD	IGD	IGD	9	10	20

IGD - ispod granice detekcije

Tablica 6.

Aktivnost  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u iznutricama i mesu pernate divljači  
(Bq kg<sup>-1</sup>)

Pernata divljač	Lokacija	Datum	Iznutrice		Meso	
			$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
Fazan	UDBINA	02.06.86.	27	80	53	68
Fazan	BUJE	06.06.86.	IGD	IGD	IGD	IGD
Fazan	PLITVICE	05.08.86.	-	-	IGD	17
Divlja patka	VARAZDIN	06.08.86.	-	-	IGD	IGD
Trčka	VARAZDIN	06.08.86.	-	-	IGD	IGD
Prepelica	JASTREBARSKO	04.08.86.	-	-	IGD	8

IGD - ispod granice detekcije

LITERATURA

1. Eisenbud M. Environmental Radioactivity. New York: Academic Press, 1973: 487.
2. World Health Organisation. Selected Radionuclides. Geneva, 1983.
3. Kljajić R. Prilog istraživanju bioindikatora radioaktivne kontaminacije fisionim produktima (cs-137 i Sr-90). Magistarski rad - Veterinarski fakultet u Sarajevu, 1981.
4. Milošević Z., Horšić E., Bauman A. Neki podaci o količini fisionih produkata u divljači. Veterinaria, Svezak 1-2 (297-298) Sarajevo, 1976.



DRUGO SAVETOVANJE „IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I PROCENA ODGOVARAJUĆEG RADIJACIONOG RIZIKA" - Kragujevac, 6. - 8. oktobra 1986. god.

L. Marinkov, I. Bikit, J. Slivka, Lj. Čonkić

INSTITUT ZA FIZIKU PMF, 21000 NOVI SAD, Dr. I. Djurličića 4

## INTERKOMPARACIJA JUGOSLOVENSKIH $\gamma$ -SPEKTROMETARA

### IZVOD

*Izloženi su rezultati interkomparacionih merenja za  $\gamma$ -spektroskopiju, koja su organizovana od strane Saveznog komiteta za rad, zdravstvo i socijalnu politiku nakon akcidenta u Černobilu.*

*U interkomparaciji je učestvovalo 15  $\gamma$ -spektrometara na teritoriji SFRJ. Analiza dobijenih rezultata ukazuje na visok stepen uzajamne saglasnosti što potvrđuje visok kvalitet  $\gamma$ -spektrometrijskih analiza prehrambenih artikala*

### 1. UVOD

Nakon akcidenta u Černobilu, kada se pojavila urgentna potreba za velikim brojem kvantitativnih  $\gamma$ -spektrometrijskih analiza, kako za monitoring okoline tako i za kontrolu radioaktivnog zagađenja hrane, skoro sve laboratorije na teritoriji SFRJ, koje su raspolagale visokorezolucionim  $\gamma$ -spektrometrima, intenzivno su se uključile u ove aktivnosti. S obzirom da se radilo o različitim tipovima instrumenata, od kojih neki ranije nisu ni upotrebljavani za merenje niskih aktivnosti okoline na velikim (nativnim) uzorcima, logično se nametnula potreba da se putem interkalibracionih merenja stekne uvid u metodologiju merenja i u kvalitet dobijenih rezultata. Zbog toga je Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu politiku organizovao interkalibraciona merenja čije je stručno-tehničko sprovođenje poverio Institutu za fiziku PMF u Novom Sadu

U ovom su radu izložene osnovne karakteristike mernih sistema, koji su bili uključeni u interkalibraciju, navedeni su glavni rezultati merenja i na osnovu njihove analize sugerisana su dalja poboljšanja u metodologijama merenja.

### 2. OPIS INTERKOMPARACIJE I MERNIH TEHNIKA

Kao interkalibracioni uzorak poslužilo je sušeno brašno lucerke, koje je bilo znatno kontaminirano fisionim produktima iz černobilskog akcidenta. Uzorak je homogenizovan i poslat učesnicima interkalibracije.

Pregled osnovnih raspoloživih karakteristika spektrometarskih sistema i mernih tehnika dat je u Tabeli 1.

Tabela 1.

## PREGLED SPEKTROMETARA I MERNIH TEHNIKA

ŠIFRA	REZOLUCIJA [keV]	EFIKASNOST [%]	OBLIK UZORKA	KOLIČINA UZORKA	TEHNIKA KALIBRACIJE I KALIBRACIONI MATERIJAL	OBRADA SPEKTARA	NISKOFONSKA ZAŠTITA
1	2.2	18	<i>Cilindar (8×3.6) cm</i>	56 g	(*) Standard Cs-137; K-40	<i>Ručno</i>	?
2	?	25	?	?	?	?	?
3	1.8	25	?	?	?	?	?
4	2.3	22	<i>Marinelli <math>\phi=9</math> cm Cilindar</i>	200 g 70 g	(*) Rastvor Eu-152; Eu-154	<i>Ručno</i>	<i>Beton + Olovo</i>
5	NaJ	?	?	15 g	(*) Standard Cs-137; Cs-134 J-131 IBK - Vinča	<i>Ručno</i>	?
6	1.85	28	<i>Marinelli</i>	?	(*) Marinelli, Standard „Amersham“	<i>Kompjuter.</i>	10 cm Pb
8	1.9	15	<i>Marinelli 1l</i>	400 g	(*) Standard „WHO“	<i>Kompjuter.</i>	?
9	2.1	7	<i>Marinelli</i>	250 g	(*) Standard Eu-152 u silikagelu	?	Pb
10/1	?	20	<i>Cilindar (9×5) cm</i>	122 g	(**) Tačkasti Izvor	<i>Kompjuter.</i>	<i>Postoji</i>
10/2	?	20	<i>Cilindar (6×4) cm</i>	36 g	(**) Tačkasti Izvor	<i>Ručno</i>	Pb
10/3	2.05	17	<i>Cilindar</i>	100 ml 500 ml	(**) Tačkasti Izvor	<i>Kompjuter.</i> „GELIGAM“	20 cm Fe
11	2.1	21	<i>Cilindar</i>	?	(*) Standard Eu-152	<i>Ručno</i>	?
13	2.1	15	<i>Cilindar <math>\phi=7</math> cm</i>	35 g	(*) Standard Eu-152; K-40; Cs-137	<i>Ručno</i>	?
14	1.9	21	<i>Cilindar (9×9) cm</i>	167 g	(*) Standard J-131 i Tc-99m u vodenom rastvoru	<i>Kompjuter.</i>	?
15	1.9	16	<i>Cilindar (7×8) cm</i>	162 g	(**) Standard „Amersham QCY-44“, prirodni U	<i>Ručno</i>	20 cm Fe

(\*) Standard meren u istoj geometriji kao i uzorak;

(\*\*) Efikasnost za konačnu geometriju izračunata teorijski;

(\*\*\*) Standard meren u istoj geometriji kao i uzorak; izvršena korekcija na samoapsorpciju.

Kao što se vidi iz kolona 2 i 3 Tabele 1., osim šifre 5, to su uglavnom savremeni visokorezolucijski  $\gamma$ -spektrometri, od kojih možda samo detektor sa šifrom 9 ima suviše malu efikasnost za brza merenja. O niskofonskim zaštitama detektora je sakupljeno malo podataka iz kojih se pouzdano može tvrditi da samo detektori 4, 6, 10 i 15 raspolažu kvalitetnom niskofonskom zaštitom, koja omogućuje relativno brza merenja uzoraka niskih aktivnosti. U većini laboratorija uzorci se mere u cilindričnoj geometriji, koja ne obezbeđuje optimalno korišćenje efikasnosti detekcije, ali omogućuje pouzdanije odredjivanje same efikasnosti. Sa druge strane, kod geometrije „Marinelli“ posudja postoje problemi sa procenom samoapsorpcije u uzorcima i sa ekraniziranjem fona od strane uzorka. Lako je uočiti veliku šarolikost u primenjenim tehnikama kalibracije detektora, što je najvećim delom uzrokovano nedostatkom jugoslovenskih referentnih kalibracionih materijala. U principu, teorijski proračun efikasnosti za konačnu geometriju na osnovu podataka o efikasnosti za tačkaste izvore treba da da pouzdane rezultate, međutim, zahteva poznavanje hemijskog sastava uzorka, što veoma otežava rutinska merenja. Većina spektrometara ne raspolaže kompjuterizovanom obradom podataka, što znatno otežava obavljanje velikog broja analiza, a utiče i na pouzdanost dobijenih rezultata.

### 3. OSNOVNI REZULTATI

U zavisnosti od osetljivosti mernih uređaja, vremena merenja i tehnike obrade spektara, pojedini učesnici Interkalibracije su kvantitativno odredili različit broj fisionih produkata (Tabela 2). U proseku je u ispitivanom uzorku lucerke odredjeno desetak radionuklida. Radi ilustracije u Tabeli 2. su navedeni rezultati samo za četiri radionuklida, čije karakteristične  $\gamma$ -linije pokrivaju energetski dlapazon od  $100 \pm 800$  keV, u kojem se kriva efikasnosti spektrometara najbrže menja. Pri izračunavanju srednjih vrednosti koncentracija aktivnosti ovih radionuklida nisu uzete u obzir ekstremne vrednosti. Sve su vrednosti korigovane na radioaktivni raspad i iskazane su na dan 14.06.1986. Pored svakog rezultata je data i relativna devijacija u odnosu na srednju vrednost, a brojevi u zagradama predstavljaju standardne devijacije.

### 4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Imajući u vidu već spomenute velike razlike u primenjenim tehnikama kalibracije spektrometara i u upotrebljenim kalibracionim materi-

Tabela 2.

## PREGLED NEKIH REZULTATA INTERKALIBRACIONIH MERENJA

ŠIFRA	UKUPAN BROJ ODREDJENIH RADIONUKLIDA	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI [kBq/kg]							
		Ce-144	Δ[%]	J-131	Δ[%]	Cs-134	Δ[%]	Cs-137	Δ[%]
1	6	3.5(3)	272	----	----	3.86(11)	66	4.02(12)	- 14
2	11	1.01(10)	7	3.37(4)	296	2.56(8)	10	4.91(5)	5
3	2	----	----	----	----	----	----	----	----
4	14	1.17(10)	24	1.03(12)	21	3.63(5)	56	7.82(8)	67
5	3	----	----	2.65	212	1.83	- 21	2.62	- 44
6	11	0.98(10)	4	0.90(7)	6	2.46(6)	6	4.87(5)	4
8	10	0.70(13)	- 25	0.81(9)	- 5	2.14(17)	- 8	4.9(4)	5
9	10	1.09	16	0.96	13	2.40	3	5.02	7
10/1	18	0.86(4)	- 9	0.78(4)	- 8	2.24(10)	- 3	4.34(17)	- 7
10/2	9	----	----	0.76(6)	- 11	2.22(17)	- 4	4.67(12)	0
10/3	14	0.96(9)	2	0.87(4)	2	2.44(8)	5	4.98(16)	6
11	14	0.86(7)	- 9	0.74(7)	- 13	2.19(13)	- 6	4.33(22)	- 7
13	13	1.25(6)	33	0.95(5)	12	2.24(11)	- 3	4.85(24)	4
14	11	0.10(4)	- 89	0.96(3)	13	2.44(25)	5	4.81(5)	3
15	11	0.56(6)	- 40	0.64(5)	- 25	2.18(17)	- 6	4.40(3)	- 6
Srednja *) vrednost	10	0.94(21)		0.85(12)		2.31(14)		4.68(32)	

\*) Bez ekstremnih vrednosti

jalima, kao i složenost tehnike visokorezolucione  $\gamma$ -spektroskopije, opšta saglasnost medju rezultatima učesnika Interkomparacije je iznenadjujuće dobra. Kod određivanja koncentracija aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  realtivna standardna devijacija srednje vrednosti interkalibracionih merenja se kreće oko 10%, a najveća odstupanja pojedinih merenja iznose samo oko 50%, što se može smatrati veoma zadovoljavajućim rezultatom. Kod izotopa čije  $\gamma$ -linije leže na nižim energijama se ispoljavaju sve veće razlike medju pojedinim rezultatima merenja, što je očigledno posledica neujednačenog tretmana samoapsorpcije u uzorcima i kalibracionim materijalima. Smatramo da bi ovom problemu trebalo posvetiti najveću pažnju pri planiranju budućih interkalibracionih merenja, koja bi trebalo uvesti kao redovnu obavezu za sve laboratorije koje su uključene u sistem monitoringa na teritoriji Jugoslavije. Jasno je da ovakva interkalibracija, samo na jednoj vrsti uzorka, ne može da ukaže na sve probleme koji se mogu javiti pri određivanju koncentracije radionuklida u prirodnoj sredini. Na primer, kod analize aerosola, fall-outa i voda nedovoljno poznavanje faktora koncentracije i faktora iskorišćenja kod pojedinih postupaka sakupljanja i koncentrisanja uzoraka može da uzrokuje daleko veće analitičke greške, nego samo tehnika merenja na spektrometru. Standardizaciji i verifikaciji ovakvih postupaka bi trebalo posvetiti daleko veću pažnju u narednom periodu.

Na osnovu svega izloženog, može se zaključiti da su  $\gamma$ -spektroskopska kontrolna merenja radiološke kontaminacije prehrambenih artikala na celoj teritoriji Jugoslavije izvršena sa zadovoljavajućom tačnošću, te pružaju solidnu osnovu za procenu radijacionog rizika od interne kontaminacije stanovništva.

#### INTERCOMPARATION OF THE YUGOSLAV GAMMA SPECTROMETERS

##### SUMMARY

*The results of the intercomparison measurements, organized by the Yugoslav Federal Health Committee, after the Chernobyl accident are presented.*

*The participants of these measurements have been all 15 laboratories involved in food purity control. The results of all participants exhibit a great degree of mutual agreement for most radionuclides what confirms the high quality and confidence level of all  $\gamma$ -spectroscopic food contamination measurements performed in the country.*





# METROLOŠKI ASPEKTI ODREĐIVANJA $^{137}\text{Cs}$ U ČOVEKU

V. Spasić, Dj. Bek-Uzarov, F. Boreli

**ABSTRAKT:** U ovom radu su prikazane osnovne karakteristike  $^{137}\text{Cs}$ , jednog od najznačajnijih kontaminanata čoveka i njegove okoline. Dati su, također, i načini generisanja Cs. Dat je osvrt na procenu jačine doze u telu kao i neki rezultati merenja sadržaja Cs u čoveku posle akcidenta u Černobilju.

## Uvodna razmatranja

Cezijum je hemijski elemenat sa najjače izraženim elektro pozitivnim svojstvima. Pripada grupi alkalnih metala sa tačkom topljenja od oko  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jedini stabilan izotop je  $^{133}\text{Cs}$ , a laboratorijski je dobijeno oko 20 radioaktivnih izotopa sa masenim brojem od 123 do 144. Najduže vreme poluraspada ima  $^{137}\text{Cs}$ , koje iznosi  $30,18 \pm 0,5$  godina. Raspada se beta minus raspadom. Četiri najznačajnija energetska nivoa za  $^{137}\text{Cs}$  su :

- gama zračenje na 661,645 keV, sa intenzitetom 85,1 %
- beta minus na 1176 keV, sa intenzitetom 5,4 %
- beta minus na 514 keV, sa intenzitetom 94,6 %
- konverzioni elektron na 624,2 keV, sa intenzitetom 7,8 %

$^{137}\text{Cs}$  je jedan od produkata nuklearne fisije koji je od posebnog značaja za kontaminaciju čoveka i njegove okoline, s obzirom da se proizvodi sa relativno visokom obilnošću reda 6 atoma na 100 dogadja fisija. Zbog svoje isparljivosti i mobilnosti lako prodire u sve elemente lanca ishrane, dok se u čoveku, gotovo potpuno, apsorbuje.

Sa ekološkog aspekta,  $^{137}\text{Cs}$  ima ključni značaj s obzirom da predstavlja jedan od najotrovnijih dugoživećih radionuklida sa specifičnom aktivnošću od  $336,7 \times 10^{10}\text{Bq/g}$  i nalazi se na osmom mestu po specifičnoj aktivnosti u radioaktivnom otpadu. Posle pet godina od ispuštanja iz reaktora ovaj radionuklid je jedini od značaja za kontaminaciju pošto su oni teški potonuli,

a kratkoživeći se raspali.

S obzirom da je  $^{137}\text{Cs}$  dugoživeći radionuklid sa monoenergetskom gama emisijom koristi se za etaloniranje gama spektrometara i drugih tipova merila jonizujućih zračenja, a od 1973. godine je ušao u stalni program interkomparacije radionuklida koje organizuje Medjunarodni biro za tegove i mere.

Glavni izvori  $^{137}\text{Cs}$  su atmosferske probe nuklearnog oružja, rutinski rad nuklearnih elektrana i reaktora, rad postrojenja za preradu goriva, transportna sredstva na nuklearni pogon i akcidentalna oslobadjanja.

Celovito praćenje dinamike  $^{137}\text{Cs}$ , a koja obuhvata : njegovo generisanje, pristizanje u atmosferu, kontaminaciju biosfere i, konačno, pristizanje u čoveka, bitno je sa aspekta zaštite čoveka i njegove okoline.

#### Procena jačine doze u telu

Model prikazan u ovom radu bazira se na sledećim pretpostavkama :

- postoji uniformna raspodela  $^{137}\text{Cs}$  aktivnosti 37 kBq/kg,
- uniformna raspodela fotona se posmatra na fantomu koji ima oblik dat na slici 1. i dimenzije date u tabeli 1.

#### Dimenzije i mase fantoma

tabela 1.

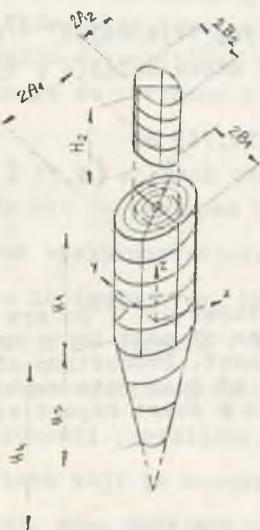
uzrast god.	masa kg	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub> om	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>
0,2	5,5	23	13	15	20	5,5	5	4,5	5
1	10,2	33	16	27	36	8	7	6,5	7
5	19,7	45	20	46	57,5	11	7,5	6,5	7,5
10	32	54	22	64	80	14	8	6,5	8
15	54	65	23	78	97,5	18	9	7	9
20	70	70	24	80	100	20	10	7	10

Merenja su pokazala da se  $^{137}\text{Cs}$  gotovo kompletno apsorbuje kada se udahne ili unese peroralno. Deo koji se zadržava u telu može se predstaviti eksponencijalnom funkcijom:

$$R(t) = a e^{-\lambda_1 t} + b e^{-\lambda_2 t}$$

gde su:

- $R(t)$  - deo jednog unošenja koji je zadržan u telu posle vremena  $t$ ,
- $a = \text{const.} = 0,13$
- $b = \text{const.} = 0,87$
- $\lambda_1 = 0,693 / T_1$
- $\lambda_2 = 0,693 / T_2$
- $T_1$  - biološko vreme poluraspada  $^{137}\text{Cs}$  u telu, u s
- $T_2$  - biološko vreme poluraspada  $^{137}\text{Cs}$  u mekom tkivu



slika 1.

Za pretpostavljenu koncentraciju od 37 kBq/kg ukupna jačina apsorbovane doze za jedan dan je:

- za omladinu : 250  $\mu\text{Gy}$ ,
- za bebe : 190  $\mu\text{Gy}$

Pošto se radi o fotonima ova doza se direktno može izraziti u Sivertima.

Merenje kontaminacije čoveka radionuklidom  $^{137}\text{Cs}$  posle akcidenta na nuklearnoj elektrani u Černobilju

Prvi proračuni pokazuju da je, usled udesa na nuklearnoj elektrani u Černobilju, oslobodjeno  $^{137}\text{Cs}$  aktivnosti reda  $10^{17}\text{Bq}$ , što predstavlja 20 do 25 % ukupne količine Cs koja se nalazila u jezgri u vreme akcidenta / izvor "New Scientists, 17. jul 1986./

Akcident na nuklearnoj elektrani je, nažalost, bio prilika da se provere, dotada, formirani i korišćeni modeli.

Merenje kontaminacije čoveka je izvršeno na specijalno konstruisanom uredjaju za merenje aktivnosti čitavog čovečjeg tela u Institutu "Boris Kidrič" iz Vinče. Merilo čini kristal NaI/Tl/ sa pomoćnom aparaturom.

Radioaktivnost čovečjeg tela usled  $^{137}\text{Cs}$  za jednog od pacijenata koji se u trenutku udesa nalazio u blizini Černobilja iznosi :

$$A = (2470 \pm 350,74) \text{ Bq}$$

tj. ekvivalentna doza je  $(6,77 \pm 1,08) \text{ pSv/s}$

ABSTRACT: The main features of  $^{137}\text{Cs}$  are shown in this paper. Cs is one of most important people and environment contaminant. Production of Cs is also given. Some aspects of dose rate evaluation and measurements are given, as a short report after nuclear plant accident.

LITERATURA:

1. New Scientists, 17. jul 1986.god.
2. V.Spasić - Metrološki aspekti odredjivanja  $^{137}\text{Cs}$  u čoveku i njegovoj okolini, mag.rad

-----  
Mr Vesna Spasić, dipl.ing. - Savezni zavod za mere i dragocene metale, Beograd  
Prof.dr. Djordje Bek-Uzarov - Prirodno matematički fakultet iz Kragujevca  
Prof.dr. Fedor Boreli - Elektrotehnički fakultet iz Beograda

IDENTIFIKACIJA RADIONUKLEIDA I MERENJE AKTIVNOSTI U PADAVINAMA U  
U OKOLINI KRAGUJEVCA 1 I 2 MAJA 1986 GODINE

D.Nikezić, P.Marković, D.Kostić, I.Bek-Uzarov i M.Križman\*

Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet Kragujevac

\* Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu, Center za varstvo pred  
sevanji, Ljubljana

ABSTRACT

Prikazani su rezultati merenja ukupne beta aktivnosti i spektrometrijska analiza radionuklida u kišnici sakupljenoj u bližoj okolini Kragujevca nakon havarije na nuklearnoj elektrani u Černobilju. Dati su rezultati merenja izvršeni mernim sredstvima Instituta za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu kao i rezultati merenja koja su izvršena u opremljenijim laboratorijama.

1. U v o d

U ovom referatu dat je postupak i rezultati merenja ukupne beta aktivnosti i gama spektrometrijska analiza kišnice od 1-og i 2-og maja 1986 godine iz Kragujevca. Merenja su izvršena najvećim delom u Laboratoriji za atomsku i nuklearnu fiziku Instituta za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Kragujevcu, koja iako nije bila u potpunosti opremljena, ipak je bila u stanju da veliki broj podataka koji se odnose na beta aktivnosti kišnice, hrane, trave, vode, tla, jačine ekspozicionih doza i jedan deo gama spektrometrije uzoraka kontaminiranih posle nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilju.

2. P r i k u p l j a n j e u z o r a k a

Odmah posle saznanja o nesreći u nuklearnoj elektrani u Černobilju organizovano je stalno praćenje radijacione situacije na terenu. Zahvaljujući istraživanjima pre Černobilja /1/,

radijaciona situacija Kragujevca i okoline je bila dobrim delom poznata. Jačina ekspozicione doze spoljašnjeg zračenja (fon) iznosio je u Kragujevcu od 0,3 do 1 pC/kgs /2/. Prvo povećanje jačine ekspozicione doze primećeno je u jutarnjim časovima dana dana 1986.05.01 na lokaciji "Maršić" (oko 5 km od centra Kragujevca) i iznosilo je 1,6 pC/kgs. Situacija se u toku tog dana nije znatnije menjala do 13<sup>30</sup> časova. Jače padavine koje su posle toga pale u više navrata, izazvale su znatno povećanje jačine ekspozicione doze, koja se kretala i do 15 pC/kgs (do 200 mikro Rentgena po času). Promena ekspozicione doze tih dana je detaljno opisana u drugom referatu na ovom savetovanju /3/. Ovakvo povećanje jačine ekspozicione doze je jasno govorilo da je kišnica radioaktivna; znajući to pristupilo se uzimanju uzorka kiša. Uzorci kišne vode sakupljeni su u veliki čelični sud, zapremine 30 l. Kiša je direktno padala u ovaj sud, posle čega je voda prebacivana u plastične balone. U toku dana, prvog i drugog maja 1986 godine palo je ukupno 11,1 (L/m<sup>2</sup>) litara kiše na m<sup>2</sup> površine. Kiše koje su padale posle 2-og maja sakupljane su na lokaciji blizu Instituta za fiziku. Podatak o ukupnoj količini padavina je kasnije uziman od meteorološke stanice u Kragujevcu.

### 3. P r i p r e m a u z o r k a i m e r e n j a

Uzorci kišnice su uparavani ispod infra-crvenih lampi ili običnih sijalica na temperaturi do 50°C. Posle toga uzorci su žareni na 450°C. Ovaj postupak pripreme uzoraka je detaljno opisan u radu /4/. Svako pripremljeni uzorci su mereni na antikoincidentnom uređaju LARA-5. Nivo osnovne aktivnosti ovog instrumenta je mnogo puta proveravan, pre i posle "Černobilja", i iznosi manje od 0,05 imp/s. Svako nizak fon omogućuje merenje niskih

beta aktivnosti, a ostvaren je stavljanjem dva brojača u antiko-  
incidenciju i korišćenjem oko 60 kg olovno-čelične zaštite oko  
njih. Merni uređaj je etaloniran pomoću KCl /5/. Efikasnost za  
beta zračenje K-40 iznosi od 10 do 16 %. Ostale tehničke kara-  
kteristike ovog instrumenta su date u referenci /6/.

Jedan deo uzoraka je meren na uređaju za merenje visokih  
aktivnosti LARA-10, bez prethodne pripreme metodom "debelog uzo-  
rka". Ova metoda je detaljno opisana u referenci /7/.

Relativna neizvesnost merenja kod instrumenta LARA-5 je  
procenjena na 12 %, pri čemu nije uzeta u obzir greška koja se  
čini prilikom pripreme uzorka. Kod uređaja LARA-10 relativna  
neizvesnost merenja je procenjena na 30 %.

## 4 R e z u l t a t i

### 4.1. Beta aktivnosti

Beta aktivnost kišnice od 1-og i 2-og maja 1986 godine je  
izmerena 6-og maja. Merenje na LARI-5 je dalo rezultat  $(8,52 \pm 0,98)$   
 $\text{MBq/m}^3$ , a na LARI-10 je dobivena vrednost od  $(8,8 \pm 2,6) \text{MBq/m}^3$ . Ovo  
upućuje na zaključak da se pri pripremi uzorka nije gubila zna-  
tna količina radioaktivnih materijala. Radioaktivnost istog uzo-  
rka kišnice se meri i dalje, sve do današnjeg dana, a meriće se  
i u narednom periodu. Rezultati opadanja beta aktivnosti kišnice  
su prikazani grafički na slici-1. Pošto je poznata ukupna koli-  
čina padavina 1-og i 2-og maja 1986 godine,  $11,1 \text{ l/m}^2$ , može se  
izračunati ukupna kontaminacija terena na dan 6.05.1986:  
 $11,1 \times (8,52 \pm 0,98) (94,57 \pm 10,87) \text{ kBq/m}^2$ .

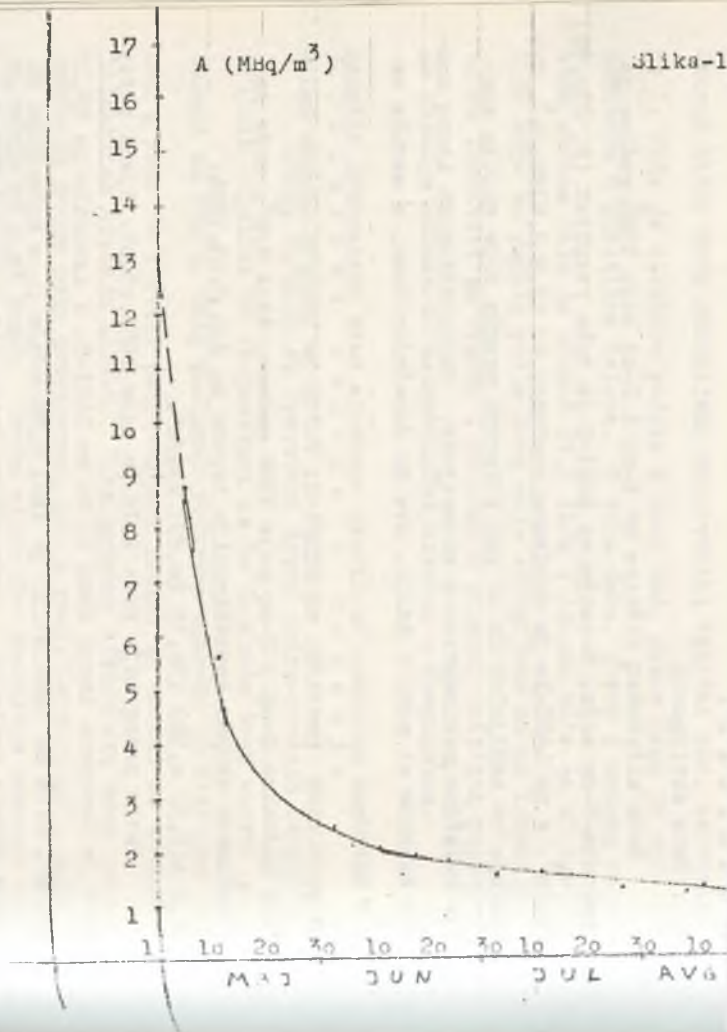
Posle prvog maja prva kiša je pala 1986.05.09. Njena aktiv-  
nost je izmerena istog dana i to na LARI-5, i iznosila je  $85,25$   
 $\text{kBq/m}^3$ . Kiša od 1986.05.12 je imala  $8,94 \text{ kBq/m}^3$ , a kiše koje su  
dalje padale imale su zapreminsku aktivnost manju od  $2 \text{ kBq/m}^3$ .

A (MBq/m<sup>3</sup>)

3lika-1:

17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

1 10 20 30 10 20 30 10 20 30 10  
MAY JUN JUL AVG



Opadanje beta aktivnosti kišnice sa vremenom.

Uzorak od 1-og i 2 g maja je uparen na 50°C do suva i žaren na 450°C. Isprekidani deo je extrapolisan (od 1-og do 5-og maja 86').

Merjenje je izvršeno na uređaju LARA-5.

- 150 -

Vreme (po datu  
mima)

20 30 10 20 30  
AUG 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30  
AUG 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31  
AUG 31  
SEP 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

AUG 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

Uočljivo je brzo opadanje radioaktivnosti kiša, posle drugog maja. Doprino ovih kiša ukupnoj kontaminaciji terena je manji u poređenju sa kontaminacijom 1-og i 2-og maja. Dana 9.05 je palo ukupno 4,7 litara kiše na  $m^2$  tako da je kontaminacija od ove kiše oko  $400 \text{ Bq}/m^2$ ; kiša od 12.05 doprinela je ukupnom zagađenju  $3,4 \text{ l}/m^2 \times 2,94 \text{ Bq}/l = 10,1 \text{ Bq}/m^2$ .

#### 4.2. Spektrometrijska merenja

##### 4.2.1. Scintilaciona spektrometrija

Izvršena je scintilaciona spektrometrija kišnice, više puta u toku maja i juna meseca. Korišćen je kristal  $\text{NaI(Tl)}$  dimenzija ( $2" \times 2"$ ) i jednodimenzionalni amplitudski analizator proizvodnje "Jožef Štefan". Korišćen je i 250 kanalni analizator. Rezultati scintilacione spektrometrije uzorka kišnice od 1-og i 2-og maja 1986 godine su prikazani na slici-2. I pored velikog broja linija, identifikovan je izvestan broj radionuklida i to: I-131, Ru-103, Cs-137, Cs-134, Ba-140, La-140, Ru-106 i Rh-106.

##### 4.2.2. Poluprovodnička spektrometrija

Pored scintilacione spektrometrije, izvršena je i poluprovodnička, i to na dva različita mesta: na Veterinarskom fakultetu u Beogradu i u Zavodu za Varstvo pri delu u Ljubljani. Oba puta je korišćen  $\text{Ge/Li}$  detektor i i 4096 kanalni analizator. Prvo merenje je obavljeno u Beogradu 3.06.1986, a drugo u Ljubljani 11.07.1986.

Identifikovani su isti radionuklidi, ali postoji razlika u izračunatim aktivnostima. Na slici 3 je dat spektar kišnice od 1-og i 2-og maja 1986 meren u Ljubljani 11.07.1986. U tabeli-1 su prikazani rezultati analize spektra, tj identifikovani radionuklidi i izračunate aktivnosti. U prvoj koloni su dati rezultati



analize izvedene u Institutu za fiziku PMF-a u Kragujevcu, a u drugoj su rezultati analize merenja izvedenih u Zavodu za varstvo pri delu u Ljubljani /8/.

Razlike između izračunatih aktivnosti verovatno potiču iz razlike u etaloniranju detektora, razlike u ustanovljenoj energetskej zavisnosti i td.

Tablica-1: Spektrometrijska analiza uzorka kišnice od 1-og i 2-og maja 1986 godine

Radionuklid	Aktivnost $\text{kBq/m}^3$	Aktivnost $\text{kBq/m}^3$
Zr-95	16,1±2,4	ispod 0,88
Nb-95	14,3±2,1	ispod 1,9
Ru-103	1766±167	1750±183
Ru-106/Rh-106	558±50	351±37
Ag-110m	4,8±0,5	4,6±0,6
Te-129/Te-129m	984±104	938±107
I-131	6902±732	610±760
Cs-134	124±11	123±13
Cs-136	33,6±4,9	- -
Cs-137	177±13	253±26
Ba-140/La-140	469±46	320±35
Ce-141	27,2±3,1	26,2±3,3
Ce-144/Pr-144m/Pr-144	13,7±2,1	18,7±2,8
Ukupna gama aktivnost	11249,7	10599,2

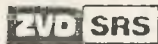
Aktivnosti svih navedenih izotopa su ekstrapolisane na prvi maj 1986. Spektrometrijska analiza je izvršena dosta kasno, te zbog toga nije otkriven veći broj postojećih kratkoživećih radionuklida. Neizvesnost spektrometrijskih merenja se sastoji iz

V = 4,006 L, masa suhog ostataka m = 0,763g

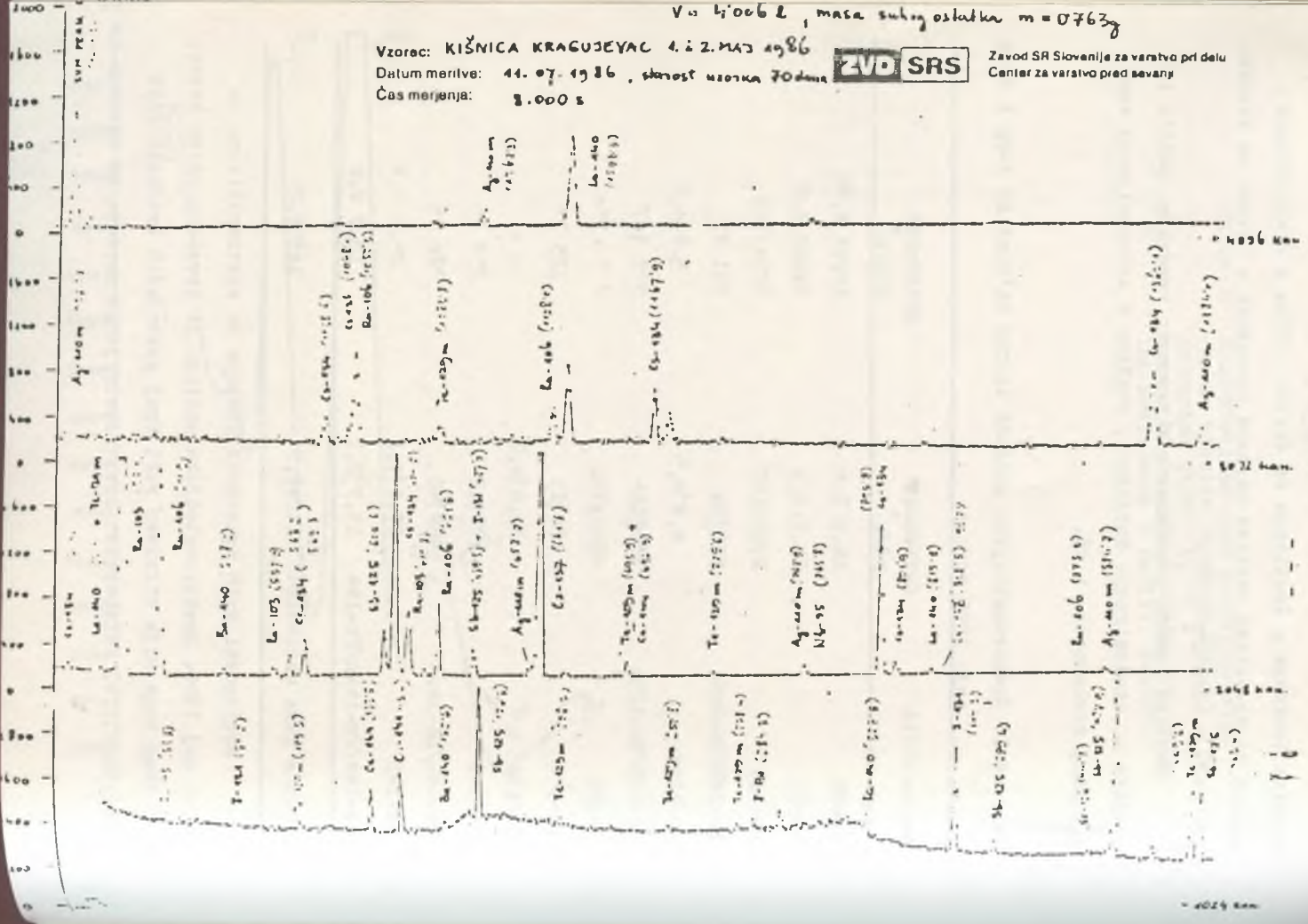
Vzorec: KIŠNICA KRAGUJEVAC 4.2.2.MAJ 1986

Datum merilva: 11. 07. 1986, starost vzorka 70 dnev

Čas merjenja: 8.000 s



Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu  
Center za varstvo pred sevanji



neizvesnost kod etanoliranja i statističke neizvesnosti merenja.

## Z a h v a l n i c a

Autori ovog referata se najtoplije zahvaljuju osoblju katedra za Fiziku i Radiologiju Veterinarskog fakulteta u Beogradu na pomoći oko merenja gama spektra. Također se zahvaljujemo i tehničkim saradnicima Instituta za fiziku PMF- u Kragujevcu Slobodanu Antonijeviću, Draganu Milosavljeviću i Slavici Lušić na pomoći oko pripreme uzoraka za merenje.

## L I T E R A T U R A

- /1/ P.Marković, S.Kilosavljević i D.Nikezić  
Izveštaji po naučno istraživačkim projektima: a) Multidisciplinarna istraživanja u slivu Gruže u cilju formiranja, održavanja i zaštite Akumulacionog jezera, PMF-Kragujevac 1983/84, b) Naučno Istraživačka studija " Stanje problemi, mogućnosti i mere zaštite i unapređenje životne sredine na području regiona Šumadije i Pomoravlja " PMF-Kragujevac 1986.
- /2/ Nikezić D.  
Proračun Fluensa i Ekspozicione Doze Gama Zračenja u Zatvorenoj Prostoriji Metodom Monte Karlo, mag. rad, PMF-Kragujevac 84
- /3/ P.Marković, D.Kostić, D.Nikezić i S.Milojević  
Merenje jačine ekspozicione doze u Kragujevcu i okolini u toku Maja 1986
- /4/ P.Marković, D.Nikezić, S.Milojević  
Određivanje ukupne beta aktivnosti voda reke i akumulacije "Gruža", Covek i Životna sredina, Savet SKOPORNJ za zaštitu i unapređenje živ.sred., Beograd 1984
- /5/ Protić K.  
Određivanje ukupne beta aktivnosti vode regiona planine Bukulja korišćenjem mernog kompleta LARA-5, dipl.rad PMF-Kragujevac 1985
- /6/ Komplet za merenje uzoraka niskih beta aktivnosti LARA-5. Institut za Nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, OOUR Institut za Elektroniku, EL-Vinča 1980
- /7/ G.Đurić, B.Petrović, Praktikum za radijacionu higijenu, Naučna knjiga 1976
- /8/ Analizu gama spektra u Institutu za fiziku u Kragujevcu vršili su D.Nikezić i D.Kostić: korišćeni su podaci iz: Gusev N.G., Dmitrev P.P. Kvantovoe Izlučenje Radioaktivnih nuklidov, Spravočnik, Atomizdat, Moskva 1977 (na ruskom). Analizu gama spektra u Zavodu za varstvo pri delu u Ljubljani vršio je K.Križman.



## OFSTA RAZMATRANJA



Nadežda Živković

NORMATIVNO UREDJIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH  
ZRAČENJA SA POSEBNIM OSVRTOM NA VANREDNE DOGADJAJE

I. U V O D

Zaštita od štetnog dejstva jonizujućih zračenja u našoj zemlji prvi put je regulisana Zakonom o zaštiti od jonizujućih zračenja iz 1959. godine. Ovim Zakonom stavljeni su pod nadzor izvori jonizujućih zračenja, lica, materije i predmeti izloženi ovim zračenjima.

Razvoj nauke i sve šira primena izvora zračenja u medicini, industriji, poljoprivredi, energetici i u naučno-istraživačkom radu, kao i veća opasnost po zdravlje ljudi, nametali su potrebu da se korišćenje i zaštita od jonizujućih zračenja propisima uskladjuje sa novim saznanjima i zahtevima, tj. da se pitanja zakonskog regulisanja proširuju a već regulisana pitanja menjaju i dopunjuju.

Napominje se da je obim i sadržina regulative bio uslovljen i promenama u društveno-političkom sistemu (ustavi 1963. i od 1974. godine). Tako je već 1965. godine donet Osnovni zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja (12/65) i brojni podzakonski savezni propisi za izvršavanje pojedinih odredaba ovog Zakona, a sve republike su svojim zakonima odredile organe i ustanove za vršenje poslova zaštite od jonizujućih zračenja.

U skladu sa ustavnim promenama 1974. godine donet je Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja ("Sl.list SFRJ", br. 54/76) i više podzakonskih propisa. Ovaj Zakon donet je u cilju zaštite života i zdravlja stanovništva i zaštite čovekove sredine (vazduh, voda, zemljište, ljudska i stočna hrana, lekovi i predmeti opšte upotrebe, kao i sredina u kojoj se radi ili dolazi u dodir sa izvorima jonizujućih zračenja) od štetnog dejstva jonizujućih zračenja. Republike i autonomne pokrajine donele su zakone o sprovođenju mera zaštite od jonizujućih zračenja kojim su odredile organe i organizacije za izvršenje mera propisanih saveznim zakonom, kao i utvrdile način za obezbeđenje finansijskih sredstava za sprovođenje propisanih mera, s tim što su SR Slovenija (1980.) i SR Hrvatska (1981.) propisale i mere za sigurnost nuklearnih objekata i uređaja.

Pored napred navedenih zakona, pojedina pitanja zaštite od jonizujućih zračenja uredjivana su i propisima iz drugih oblasti (napr. prevoz opasnih materija, projektovanje i izgradnja radioaktivnih gromobrana, standardi, i dr.).

## II. PREGLED VAŽEĆIH PROPISA

Sada je na snazi Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije ("Sl. list SFRJ", br. 62/84) kojim su, pored opštih mera radi zaštite života i zdravlja ljudi i zaštite čovekove sredine od štetnog dejstva jonizujućih zračenja, koji su od interesa za celu zemlju i međunarodnu zajednicu, propisane i mere radi stvaranja uslova za sigurnost nuklearnih objekata. Ove mere su brojne i raznovrsne, a uslovi i način za sprovođenje pojedinih mera bliže su razradjeni zakonskim odredbama i propisima nadležnih saveznih organa za izvršavanje tih odredaba, kao i propisima republika i autonomnih pokrajina.

Na osnovu ovlašćenja iz člana 65. ovog zakona doneti su:

1) Pravilnik o uslovima pod kojima se mogu stavlјati u promet i upotreblјavati voda za piće, životne namirnice i predmeti opšte upotrebe koji sadrže radioaktivne materije iznad određene granice aktivnosti ("Sl. list SFRJ", br. 23/86);

2) Pravilnik o stavlјanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad određene granice aktivnosti, rentgen aparata i drugih aparata koji proizvode jonizujuća zračenja i o merama zaštite od zračenja tih izvora ("Sl. list SFRJ", br. 40/86);

3) Pravilnik o stručnoj spremi, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja ("Sl. list SFRJ", br. 40/86);

4) Pravilnik o načinu vodjenja evidencija o izvorima jonizujućih zračenja i o ozračenju stanovništva i lica koja su pri radu izložena dejstvu jonizujućih zračenja ("Sl. list SFRJ", br. 40/86);

5) Pravilnik o uslovima za primenjivanje izvora jonizujućih zračenja u medicini ("Sl.list SFRJ", br. 40/86);

6) Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju i o meranjima stepena izloženosti jonizujućim zračenjima lica koja rade sa izvorima tih zračenja i o proveravanju kontaminacije radne sredine ("Sl.list SFRJ", br. 40/86);

7) Pravilnik o mestima, metodama i rokovima ispitivanja kontaminacije radioaktivnim materijama ("Sl.list SFRJ", br. 40/86);

8) Pravilnik o načinu sakupljanja, evidentiranja, obradivanja, čuvanja, končanog smeštaja i ispuštanja radioaktivnih otpadnih materija u čovekovu sredinu ("Sl.list SFRJ", br. 40/86);

9) Pravilnik o načinu, obimu i rokovima sistematskog ispitivanja kontaminacije radioaktivnim materijama u okolini nuklearnih objekata ("Sl.list SFRJ", br. 51/86).

10) Pravilnik o maksimalno odredjenim granicama radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i o vršenju dekontaminacije (donet je 26.9.1986. ali još nije objavljen).

Četiri pravilnika koji se odnose na nuklearne objekte i nuklearne materijale i jedan pravilnik o uslovima pod kojima se mogu stavljati u promet i upotrebljavati za ishranu životinja stočna hrana i sirovina za izradu krmnih smeša za ishranu životinja koji sadrže radioaktivne materije iznad odredjenih granica aktivnosti (na osnovu čl. 66. i 67. Zakona) još nisu doneti, ali se na njima intenzivno radi.

U nedostatku propisa, pri izgradnji i korišćenju nuklearnih objekata (član 37. Zakona) mogu se primenjivati pravila međunarodnih ili stranih tehničkih propisa i međunarodni i strani standardi pod odredjenim uslovima a na osnovu odluke Saveznog izvršnog veća, na predlog saveznog organa uprave nadležnog za poslove nuklearne energije i savezne organizacije nadležne za poslove standardizacije. Na osnovu ovog ovlašćenja doneta je Odluka o primeni stranih standarda pri ispitivanju efikasnosti zadržavanja molekulskog i organskog joda na impregnisanom aktivnom uglju za filtre specijalne namene ("Sl.list SFRJ", br. 9/86).

Na osnovu ovlašćenja iz ovog zakona republike i pokrajine ovlašćene su da odredjuju: specijalizovane organizacije udruženog rada za merenje stepena ozračenosti jonizujućim zračenjima lica koja rade sa izvorima zračenja i ostalog stanovništva (član 18.); organizacije za sprovođenje dekontaminacije (čl. 24.); organ koji donosi odluku o evakuaciji stanovništva i dobara iz područja ugroženih jonizujućim zračenjem (član 25.); organ kome dostavljaju obaveštenja organizacije, zajednice odnosno organi koji. utvrde da postoji ozračenje iznad propisanih granica, odnosno da postoji kontaminacija radioaktivnim materijama (član 26.); organe odnosno organizacije kojima organizacije određene da vrše merenja dostavljaju podatke o ozračenosti (član 27.).

Još ni jedna republika odnosno autonomna pokrajina nije uskladila svoje zakone sa Zakonom iz 1984. godine, ali je u toku izrada ovih zakona i očekuje se da budu doneti do kraja 1986. ili u 1987. godini.

Neuskladjenost republičkih propisa sa saveznim zakonom bitno ne utiče na mogućnost sprovođenja propisanih mera zaštite od jonizujućih zračenja pošto su određena pitanja uređena zakonima iz ove oblasti ili drugim propisima (zakoni o elementarnim nepogodama, na osnovu propisa o narodnoj odbrani i sl.).

Sa donošenjem i republičkih propisa upotpunjen je sistem normativnog uređivanja u oblasti zaštite od jonizujućih zračenja.

Pored ovih propisa pojedina pitanja zaštite od jonizujućih zračenja i sigurnosti nuklearnih objekata uređena su i propisima iz drugih oblasti i to:

- Na osnovu ovlašćenja iz Zakona o standardizaciji ("Sl.list SFRJ", br. 38/77, 11/80 i 38/80), doneti su: Pravilnik o tehničkim normama za jonizacione komore koje se koriste u radioterapijskoj dozimetriji ("Sl.list SFRJ", br. 36/86), Pravilnik o tehničkim normativima za istraživanje, dobijanje i pripremu nuklearnih mineralnih sirovina ("Sl.list SFRJ", br. 39/85), standardi koji obuhvataju elemente rendgen aparata i standardi za termine i definicije, simbole i elemente zaštite od jonizujućih zračenja, a u toku je rad na pripremi i drugih standarda.

Na osnovu ovlašćenja iz Zakona o mernim jedinicama i merilima ("Sl.list SFRJ", br. 9/84) doneti su i Pravilnik o metrološkim uslovima za izotopska merila gustine i vlage ("Sl.list SFRJ", br. 54/85) i

Metrološko uputstvo za pregled izotopskih merila gustine i vlage (Glasnik Saveznog zavoda za mere i dragocene metale), a u pripremi su i drugi propisi.

Naša zemlja ratifikovala je i dve medjunarodne konvencije u ovoj oblasti i to: Bečku konvenciju o gradjanskoj odgovornosti za nuklearne štete ("Sl.list SFRJ", - Medjunarodni ugovori br. 5/77) i Konvenciju o fizičkoj zaštiti nuklearnog materijala ("Sl.list SFRJ" - Medjunarodni ugovori br. 9/85), kao i konvencije o prevozu prema vrstama saobraćaja. Za sprovođenje Bečke konvencije donet je Zakon o odgovornosti za nuklearne štete ("Sl.list SFRJ", br. 22/78 i 34/79).

Takodje, doneti su Dogovor o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj i primenjivanje nuklearne energije u energetici do 2000 godine ("Sl.list SFRJ", br. 18/82) i Društveni dogovor o uslovima i načinu rešavanja pitanja skladištenja ozračenog nuklearnog goriva i trajnog odlaganja radioaktivnih otpadaka ("Sl.list SFRJ", br. 68/84).

Pravilnik o tehničkim propisima o gromobranima (donet još 1968. godine) koji se odnosi i na radioaktivne gromobrane treba da se, na osnovu propisanih granica doza za stanovništvo i za lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja, izmeni.

U potpunjavanje pravne regulative tehničkim propisima i standardima posebno je značajno za sigurnost nuklearnih objekata.

### III. IZVRŠAVANJE PROPISA U OBLASTI ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Nadzor nad izvršavanjem ovog Zakona i propisa donesenih na osnovu ovog Zakona vrše nadležni organi u republikama i autonomnim pokrajinama i oni su odgovorni za njihovo izvršavanje, izuzev u delu nadzora koji vrše nadležni savezni organi za poslove zdravstva, energetike, unutrašnjih poslova, a po odredjenim pitanjima nadležni vojni organi i organi unutrašnjih poslova.

Nadležni savezni organi uprave odgovorni su za izvršavanje propisa u ovoj oblasti koji se odnose na obaveze iz ratifikovanih medjunarodnih ugovora, na evidenciju i kontrolu nuklearnih materijala, kao i na jugoslovenske standarde, tehničke normative i norme kvaliteta proizvoda i usluga koji su od interesa za celu zemlju, kada neposredan nadzor nad

izvršavanjem tih propisa vrše nadležni organi u republikama i autonomnim pokrajinama. U tim slučajevima savezni organi uprave imaju pravo i dužnost da nadležnim organima u republikama i autonomnim pokrajinama daju obavezne instrukcije i da izvrše određeni upravni posao ako organi uprave u republikama odnosno pokrajinama ne izvrše taj posao, a to neizvršenje može izazvati štetne posledice. Osim navedenog sve obaveze i odgovornosti za izvršavanje propisa u ovoj oblasti je u nadležnosti republika i pokrajina. U skladu sa ustavom i zakonskim odredbama odnosi između saveznih i republičkih odnosno pokrajinskih organa uprave zasnivaju se na međusobnoj saradnji, obaveštavanju i dogovaranju.

Ne upuštajući se u pojedinačnu analizu sadržaja i eventualnih nedostataka pojedinih propisa i odredbi može se konstatovati da propisane mere uz dalju dogradnju sistema donošenjem propisa za koja su predviđena ovlašćenja, tehničkih normi i standarda, omogućuju zaštitu ljudi i čovekove sredine od štetnog dejstva jonizujućih zračenja.

Ova ocena, može biti tačna ali i nepotpuna. Međutim, sa većom sigurnošću može da se ukaže da ovim zakonom nije uređen sistem postupanja i sprovođenja mera zaštite od jonizujućih zračenja u slučaju vanrednog događaja koji zahvati dve ili više republika zbog uzroka nastalog u inostranstvu ili iz drugih razloga kada posledice prevazilaze mogućnosti parcijalnih i lokalnih intervencija. Ova ocena zasniva se na tome što osim definicija šta se podrazumeva pod vanrednim događajem i nuklearnim udesom, Zakonom su predviđene samo sledeće obaveze:

- da su organizacije udruženog rada, druge samoupravne organizacije i zajednice i radni ljudi koji obavljaju delatnost ličnim radom sredstvima u sovjinu gradjana, koji pri radu sa izvorima jonizujućih zračenja prouzrokuju kontaminaciju čovekove sredine dužni da sprovedu dekontaminaciju (čl. 24.);

- da se u vanrednim događajima sprovode mere izvodenjem lične i kolektivne zaštite kao i upotrebom snaga i sredstava civilne zaštite, a po potrebi vrši i evakuisanje stanovništva i dobara sa ugroženih područja (čl. 25.);

- da su organizacije, zajednice ili organi društveno političkih zajednica dužni da, kada utvrde ozračenje iznad propisanih granica, odnosno da postoji kontaminacija radioaktivnim materijama, odmah o

toj opasnosti obaveste nadležni organ odredjen republičkim odnosno pokrajinskim propisom i savezni organ uprave nadležan za poslove zdravstva, a ako postoji opasnost kontaminacije susednih država savezni organ uprave nadležan za poslove zdravstva dužan je da u toj opasnosti obavesti nadležne organe tih država (član 26.).

Način postupanja u vanrednim događajima u našem pravnom sistemu je obezbedjen, ali u propisima iz raznih oblasti, različito uređenim u federaciji, republikama i pokrajinama, uz angažovanje raznih organa i organizacija. Ovaj sistem ne dovodi se u pitanje kada su vanredni događaji manjih razmera ili manjeg stepena opasnosti. Medjutim, u toku sprovođenja mera zaštite od jonizujućih zračenja u našoj zemlji zbog posledica havarije u nuklearnoj elektrani u Černobilu, ispoljili su se nedostaci ovakvog normativnog regulisanja i istaknuta je potreba da se propisima omogući jedinstveno postupanje u sprovođenju mera zaštite od jonizujućih zračenja u vanrednim događajima koji zahvati veći deo teritorije naše zemlje. Mogućnost medjusobnog obaveštavanja i dogovaranju nisu adekvatni instrumenti za odredjene situacije koje zahtevaju specifično, brzo i jednoobrazno postupanje. U vezi s tim ocenjeno je da treba predvideti odredjena prava i dužnosti federacije i to:

- odrediti pojedine mere kao obaveze federacije i u vezi sa tim obezbedjenje finansijskih sredstava za sprovođenje tih mera,
- odrediti savezni organ koji donosi odluku da je nastupio vanredni događaj radi primene mera koje će se propisati iz okvira prava i dužnosti federacije,
- oceniti da li je potrebno utvrditi inspekcijski nadzor saveznih organa, kao redovan posao ili u slučaju vanrednog događaja,
- predvideti ovlašćenja za propisivanje uslova i mera u slučaju vanrednog događaja.

Za zakonsko uređivanje ovih pitanja ne postoji Ustavni osnov. Važeći zakon donet je na osnovu izvedenog ovlašćenja iz Ustava SFRJ, po kome Federacija uređuje pojedine oblasti (zaštitu i unapredjivanje čovekove sredine koji su od interesa za celu zemlju i medjunarodnu zajednicu, uređuje promet i prevoz radioaktivnih materija kada je to od interesa za celu zemlju i dr.). Da bi se navedena pitanja uređila zakonom potrebno je proširenje nadležnosti Federacije da obezbedjuje sprovođenje pojedinih mera za zaštitu od jonizujućih zračenja kada je to u interesu cele zemlje.

Z A K L J U Č A K:

Na osnovu izloženog može se zaključiti:

1. da su za sprovođenje Zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije doneti svi propisi na osnovu člana 65<sup>104</sup> sa republičkim i pokrajinskim propisima predstavljaju zaokružen sistem pravne regulative za zaštitu od jonizujućih zračenja;

2. da u oblasti zaštite nuklearnih objekata i nuklearnih materijala, osim nekoliko tehničkih propisa i standarda, tek predstoji donošenje podzakonskih propisa, standarda i tehničkih normativa;

3. da je u našoj zemlji razradjen i obezbedjen sistem za zaštitu od jonizujućih zračenja, kao pravo i dužnost republika i autonomnih pokrajina, ali da je neophodno propisati mogućnost jedinstvenog sprovođenja pojedinih mera u slučaju kontaminacije većeg dela teritorije SFRJ.

Kragujevac,

6-8. oktobar 1986.godine

AKTUELNI PROBLEMI LEGALNE METROLOGIJE U OBLASTI JONIZUJUĆIH  
ZRAČENJA KROZ PROGRAM RADA KOMISIJE ZA JONIZUJUĆA ZRAČENJA  
SAVETA U OBLASTI METROLOGIJE SFRJ

V.Spasić, Dj.Bek-Uzarov

ABSTRAKT: U radu je prikazana osnovna koncepcija rada Komisije za jonizujuća zračenja Saveta u oblasti metrologije koji je formiran pri Saveznom zavodu za mere i dragocene metale. Dat je kratak pregled aktivnosti Komisije u periodu od 1981. do 1986.godine.

Uvodna razmatranja

Jula meseca 1986. godine Savezno izvršno veće je formiralo Savet u oblasti metrologije u sastavu Saveznog zavoda za mere i dragocene metale sa zadatkom da razmatra predloge programa i politiku razvoja metrologije u SFRJ. Zavod i Savet su obrazovali stalne komisije u cilju razmatranja nekih pitanja kao što su:

1. Upotreba zakonskih mernih jedinica;
2. Ostvarivanje jugoslovenskih primarnih etalona i metode njihovog prenosa;
3. Predlozi zakonskih i podzakonskih akata;
4. Druga pitanja iz oblasti metrologije.

Jedna od tako formiranih komisija bila je i Komisija za jonizujuća zračenja.

Aktivnosti Komisije u periodu od 1981. do 1986. godine

U toku svog četvorogodišnjeg rada Komisija je razmatrala niz pitanja iz oblasti politike, razvoja i uspostavljanja mernog jedinstva u domenu metrologije jonizujućih zračenja. Medju značajnijima su:

- razmatranje nacarta Zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearnih objekata,
- razmatranje nacarta novog Zakona o mernim jedinicama i merilima,
- određivanje prioriteta donošenja metroloških propisa,
- razmatranje mogućnosti otvaranja ovlašćenih laboratorija za pregled etalona i merila,

- razmatranje nacрта Rečnika zakonske metrologije,
- razmatranje materijala za 17. Generalnu konferenciju za tegove i mere,
- razmatranje Studije o metrologiji jonizujućih zračenja u SFRJ koja je sastavni deo Srednjoročnog plana razvoja Zavoda za period 1986. do 1990 godine.,
- razmatranje realizacije programa rada Komisije za nuklearnu energiju SIV,
- analizirani su rezultati interkomparacije sekundarnog etalona za ekspozicionu dozu zračenja koja je obavljena u Međunarodnom birou za tegove i mere,
- predložena koncepcija održavanja mernog jedinstva u oblasti metrologije jonizujućih zračenja,
- razmatranje metrologije jonizujućih zračenja sa aspekta zaštite od zračenja,
- razmatranje nacрта metroloških uslova i uputstava.

#### Organizacija i rad Komisije

U okviru Komisije su formirane tri radne grupe sa zadatkom da se efikasnije rešavaju pojedina pitanja iz uskospecijalizovanih oblasti, a bez sazivanja cele Komisije.

Tri radne grupe su:

1. Radna grupa za unifikaciju mernih jedinica i etalona u radioterapiji

Ova radna grupa je, pod stručnim vodjstvom potpredsednika Komisije dr. Primoža Cevca, održala niz sastanaka na kojima su diskutovani aktuelni problemi metrologije u radioterapiji.

Najznačajniji zaključak rada ove grupe je predlaganje Zavodu da za sekundarni etalon ekspozicione doze jonizujućeg zračenja prihvati etalon Onkološkog inštituta iz Ljubljane. Zavod je prihvatio ovaj predlog i organizovao komparaciju u BIPM-u čime je Onkološki inštitut stekao uslove i bio ovlašćen za pregled radnih etalona i merila ekspozicione doze jonizujućih zračenja.

Ova radna grupa je, kasnije, proširena stručnjacima koji se bave dozimetrijom i na drugim poljima primene jonizujućih zračenja pa je transformisana u grupu za dozimetriju.

## 2. Radna grupa za nuklearnu instrumentaciju

Ova radna grupa je formirana sa ciljem da analizira primenljivost mernih lanaca, merila i mernih metoda. Takođe ima zadatak da metode etaloniranja i pregleda etalona i merila predloži za izdavanje u obliku metroloških propisa. Stručni koordinator je predsednik Komisije prof.dr. Djordje Bek-Uzarov.

## 3. Radna grupa za nejonizujuća zračenja

Radna grupa za nejonizujuća zračenja je formirana na inicijativu grupe stručnjaka koji se bave ultrazvučnim merenjima. Grupu je formirao i vodi je dr.Branko Brayer, član Komisije.

### Zaključna razmatranja

Naimenovanjem novog Saveta u oblasti metrologije obrazovana je nova Komisija za jonizujuća zračenja. Program rada Komisije obuhvata neka nova pitanja u odnosu na nadležnost iz starog sastava, a koja se odnose na međunarodnu saradnju po pitanjima iz oblasti metrologije jonizujućih zračenja.

Komisija za jonizujuća zračenja je, u svom prošlom sastavu, opravdala svoje postojanje i znatno pomogla Zavodu u sprovođenju poslova iz njegove nadležnosti na polju metrologije jonizujućih zračenja.

Zadatak novog sastava Komisije i Zavoda je da se sačuva ova lepa tradicija.

ABSTRACT: Konceptcion of Ionising Radiation Commission is given in this paper. Commission is the integral part of Metrological Council in Federal Bureau of Measurements . Activities of Commission in the period of 1981. to 1986. are also given.

### LITERATURA:

Zapisnici sa sastanaka Komisije za jonizujuća zračenja

Mr.Vesna Spasić,dipl.ing. - Savezni zavod za mere i dragocene metale iz Beograda

Prof.dr.Djordje Bek-Uzarov - PMF iz Kragujevca



II Savetovanje o izlaganju zračenju iz prirodne sredine i  
proceni odgovarajućeg radijacionog rizika

Kragujevac , 6 - 8. oktobar 1986

ORGANIZACIJA RADA U LABORATORIJI ZA RADIJACIONU HIGIJENU  
KATEDRE ZA RADIOLOGIJU I RADIJACIONU HIGIJENU VETERINARSKOG  
FAKULTETA U BEOGRADU POSLE NUKLEARNOG UDESA "Černobil 86"

Gordana Djurić<sup>\*</sup>, B. Petrović<sup>\*</sup>, Dragana Popović<sup>\*\*</sup>, M. Šmercerović<sup>\*\*\*</sup>,  
Ivana Dujidić<sup>\*\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu, Veterinarski  
fakultet, Beograd

<sup>\*\*</sup> Katedra za fiziku, Veterinarski fakultet, Beograd

<sup>\*\*\*</sup> Laboratorija za elektroniku, IBK - Vinča, Beograd

<sup>\*\*\*\*</sup> Laboratorija za radijacionu medicinu, IBK - Vinča, Beograd.

**A p s t r a k t .** Dati su osnovni elementi organizacije rada u  
Laboratoriji za radijacionu higijenu na Katedri za radiologiju i  
radijacionu higijenu Veterinarskog fakulteta u Beogradu, u pe-  
riodu posle nuklearnog udesa u Černobilu, maja 1986 godine:

- tehnička opremljenost Laboratorije: merna  
instrumentacija, kalibracija instrumenata u  
datim vanrednim okolnostima, interkomparacija  
sa drugim laboratorijama ;
- kadrovska i kvalifikaciona struktura osoblja;
- način odredjivanja relevantnih veličina u  
periodu kontaminacije životne sredine: broj i  
vrsta uzoraka, identifikacija radionuklida,  
odredjivanje jačine ekspozicione doze u vazduhu,  
odredjivanje masene i zapreminske aktivnosti  
uzoraka životne sredine.

**PROSTORNI RASPORED.** Laboratorija za radijacionu higijenu na Katedri  
za radiologiju i radijacionu higijenu Veterinarskog fakulteta u  
Beogradu, raspolaže prostorijama za :

- prijem i pripremu uzoraka (mineralizacija);
- hemijsku obradu uzorka i radiometriju;
- spektrometriju gama zračenja (niskofonska komora  
sa Ge-Li detektorom visoke rezolucije i sekun-  
darnom zaštitom od bakra i olova );

- pomoćnu nuklearnu opremu, i pomoćnim prostorijama. Ukupna površina prostorija iznosi oko 50 m<sup>2</sup>.

TEHNIČKA OPREMLJENOST. Laboratorija za radijacionu higijenu raspolaže sledećim nuklearnim merilima i pomoćnom instrumentacijom:

- Ge-Li DETEKTOR (ORTEC, USA, 1978) : koaksijalni, horizontalni Ge-Li kristal, radna zapremina 100 cm<sup>3</sup>; relativna efikasnost 22,3% u odnosu na E<sub>γ</sub>=1332 keV; rezolucija 2,326 keV za E<sub>γ</sub>=1332 keV; radni napon 3000 V; odnos fotovrh/Komptonova raspodela (P/C) 43,51 za E<sub>γ</sub>=1332 keV; integralni odbroj osnovnog zračenja 1,7 imp/s za opseg energija 50 - 2700 keV.

Kalibracija je izvršena 1.05.1986 godine standardnim izvorom <sup>152</sup>Eu (EGMA3, ET75220, A=3,324x10<sup>4</sup> Bq na dan 13.01.83, za opseg energija 121,78 - 1408,03 keV).

Uzorci su mereni u dve geometrije (nestandardna Marinelli i PVC posuda) različitih efikasnosti; vreme merenja uzoraka 1000s, 4000s, a po potrebi i 40.000 s. Uzorci su mereni u nativnom stanju.

- 4096 kanalni analizator (NUCLEAR DATA, USA, 1976), sa pratećom elektronikom
- mikroročunar ELING-86, domaće proizvodnje
- čitac TL dozimetara MTLD-02 (IJS, Ljubljana, 1975) i TL dozimetri MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Dy (proizvodnja IBK, Vinča)
- monitor zračenja MZ-10 (IBK, Vinča) sa dve sonde GM
- nuklearna merila za merenje srednje i visoke aktivnosti (IBK, Vinča, 1970)
- antikoicidentni brojca za merenje niske beta aktivnosti (IBK, Vinča, 1970) i
- ostala laboratorijska oprema.

KADROVSKA STRUKTURA. U radu su učestvovali stalni saradnici Katedre za radiologiju i radijacionu higijenu: 3 doktora nauka (1 veterinar, 1 hemičar, 1 fizičar), 2 tehnička saradnika i 1 pomoćni radnik. Kao konsultanti u radu su povremeno učestvovali i saradnici Instituta "Boris Kidrič", Vinča.

Treba naglasiti da je, pre nuklearnog udesa u Černobilu, 1986 g. osnovna delatnost Laboratorije bila OBRAZOVNA i NAUČNO-STRUČNA, odnosno da Laboratorija nije ni prostorno, ni tehnički, a ni kad-

rovski bila predviđjena za rad u vanrednim okolnostima. Stoga, osnovni problemi koji su se javili u toku rada, bili su organizacioni: način sakupljanja i dopremanja uzoraka, pitanje ambalaže i čuvanja uzoraka, prijem i evidencija istih itd.

DELATNOST LABORATORIJE u periodu posle nuklearnog udesa u Černobilu, maja 1986 godine: U periodu od 30.aprila do 30.septembra 1986 godine, u Laboratoriji za radijacionu higijenu Katedre za radiologiju i radijacionu higijenu obavljene su sledeće aktivnosti:

- merenje jačine ekspozicione doze na lokaciji "Veterinarski fakultet", Beograd\*;
- merenje jačine apsorbovane doze metodom TLD na istoj lokaciji\*;
- trijažna merenja : određivanje masene i zapreminske aktivnosti u uzorcima namirnica iz životne sredine;
- određivanje masene i zapreminske aktivnosti u uzorcima namirnica i u uzorcima iz životne sredine SPEKTROMETRIJOM GAMA ZRAČENJA ;
- određivanje efikasnosti Ge-Li detektora za različite geometrije merenja i različite nosioce aktivnosti radionuklida - interkomparacija sa Laboratorijom za istraživanja u fizici (IBK, Vlnča) ;
- interkomparacija gama spektrometara na nivou SFRJ - određivanje masene aktivnosti najznačajnijih radionuklida u brašnu lucerke i identifikacija ostalih radionuklida ;
- ogled obavljen na Poljoprivrednom kombinatu "Beograd", u cilju ispitivanja eluiranja radionuklida putem mleka, kod visoko mlečnih krava pri ishrani punim i polovinom obroka visoko kontaminirane zelene mase;
- ispitivanje radijacione situacije u dečijim odmaralima na Tari i Divčibarama.

Broj, vrsta i mesto uzorkovanja uzoraka namirnica i uzoraka iz životne sredine, analiziranih gamaspektrometrijski u periodu od 1.05 - 15.09.1986 g, prikazani su u Tabeli 1. U Tabeli 2. dati su opsezi aktivnosti nekih biološki značajnih radionuklida ( $^{131}\text{J}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ) u analiziranim uzorcima.

\* rezultati saopšteni na ovom Savetovanju  
\*\* u toku je obrada rezultata u komparaciji sa rezultatima spektrometrije gama zračenja

TABELA 1. Pregled uzoraka analiziranih spektrometrijom gama zračenja u periodu od 1.05 - 15.09.1986 godine

Vrsta uzorka	Broj	Mesto uzorkovanja
M l e k o	27	Beograd, Šabac, Kragujevac, N.Sad, V.Plana, Lajkovac, Čajetina, Leskovac
Mleko- ogled PKB	34	PKB - Beograd
S i r e v i	22	Beograd, Obrenovac, N.Sad, Ražane, Vršac, Leskovac, Zaječar, uvoz Rumunija
Jogurt i maslac	3	PKB - Beograd
Mleko u prahu	17	PKB-Beograd, uvoz Francuska, ČSSR
M e s o - svinjsko	20	Uvoz : DDR, Rumunija
- juneće	23	Smederevo, S.Mitrovica, Čacak, Kraljevo, Kragujevac, N.Sad, Čajetina
- jagnjeće	16	Kumanovo, Strumica, K.Polje, Štip, Gostivar, Bujanovac, B.Polje, Prilep, N.Sad
- iznutrice	13	- " -
- divljač	8	Aleksandrovac, Subotica, Ub, Topola, Tamiš
- riba	5	Futog, Krka, Bar
Riblje brašno	2	Žitomlin (Svetozarevo)
Povrće i voće	19	Okolina Beograda (Grodska, M.M.Lug), Mataruška Banja
M e d	4	Omoljica, Arandjelovac, Rudnik
Zelena masa i silaža	7	PKB - Lepušnica, Kovilkovo
Trava i seno	7	Beograd, Kragujevac, Tara
P e r j e	2	SAP Vojvodina
K i š n i c a	12	Beograd - lokacija "Veterinarski fakultet"
V o d a (pijaća)	4	Beograd, Futog
Humani urin i feces	10	Beograd
Feces konja i kunića	16	Ruma

TABELA 2. Aktivnost nekih biološki značajnih radionuklida u uzorcima namirnica i uzorcima iz životne sredine na teritoriji SR Srbije u periodu od 1.05 - 15.09.1986 godine

Vrsta uzorka	A k t i v n o s t (Bq/kg ili Bq/l )			
	<sup>131</sup> J	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>103,106</sup> Ru
M l e k o	10-400	1-80	3-170	5-26
(ovčije)	16000*	1600*	3100*	78*
S i r e v i	10-270	1-80	3-186	4-70
(ovčiji)	8500*	230*	560*	80*
Mleko u prahu	10-240	1-700	3-1900	3-10
M e s o				
svinjsko	-	1-20	3-40	1-10
jagnjeće	10-200	10-900	20-2000	-
juneće	-	10-200	10-510	-
(jagnjeće)	4400*	1600*	3300*	-
Jagnjeća jetra	40-1000	500-1100	1000-2500	-
Iznutrice	1-35	10-70	10-150	-
Divljač	1-10	1-150	3-300	-
R i b a	1-10	1- 3	2 - 6	1-30
Povrće i voće	30-150	5-60	10-140	10-80
Salata*	12000*	2100*	4670*	10000*
Trava	9600*	7800*	14400*	7500*
M e d	1-47	1-90	3-190	4-30
Kišnica (2.05)	2300	-	40	190

Napomena : u tabeli su dati opsezi aktivnosti za pojedine radionuklide u ispitivanim uzorcima namirnica ; zvezdica (\*) označava maksimalne vrednosti izmerene u pojedinim uzorcima

K O M E N T A R . U opštem se može zaključiti da je taloženje radionuklida na teritoriji SR Srbije bilo izrazito neravnomerno, a pre svega u vezi sa raspodelom količine padavina u periodu od 29.04 - 10.05.1986 godine.

Lisnato povrće i trava su se pokazali kao dobri bioindikatori za pojedine radionuklide, čiji je sadržaj u njima varirao zavisno od lokaliteta i vrste uzorka.

Mleko se takodje pokazalo kao veoma dobar bio-indikator za pojedine biološki značajne radionuklide. Obzirom da se u tom periodu prešlo na letnji način ishrane visoko mlečnih krava ( ishrana svežom kabastom hranom odnosno zelenom masom ), biološki značajni radionuklidi identifikovani su u mleku već 2.05. Medjutim, iako je sadržaj radionuklida u zelenoj masi bio reda veličine i do desetak kBq, sadržaj istih izlučenih putem mleka nije prelazio  $10^2$  Bq.

Najugroženija je bila ovčarska proizvodnja, što se , obzirom na način ishrane (isključivo ispašom) i očekivalo. Sadržaj radionuklida u ovčijem mleku i jagnječem mesu bio je i za red veličine veći u odnosu na sadržaj radionuklida u kravljem mleku i drugim vrstama mesa.

Kao dobar bioindikator kontaminacije životne sredine pokazao se i med ; pojedini biološki značajni radionuklidi su u uzorcima meda identifikovani već sredinom maja 1986 godine.

Sve ovo ukazuje na neophodnost sistematskog praćenja biološki značajnih radionuklida u ciklusu stočne proizvodnje u dužem vremenskom periodu.

II Savetovanje o izlaganju zračenju iz prirodne sredine i  
proceni odgovarajućeg radijacionog rizika

Kragujevac , 6 - 8. oktobar 1986

KRITIČKI OSVRT NA INFORMISANJE JAVNOSTI PUTEM DNEVNE  
ŠTAMPE U PERIODU POSLE NUKLEARNOG UDESA "Černobil 86"

Gordana Djurić\* i Dragana Popović\*\*

\* Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu, Veterinarski  
fakultet, Beograd

\*\* Katedra za fiziku, Veterinarski fakultet, Beograd

A p s t r a k t . U radu je dat hronološki pregled i kritička  
analiza informacija objavljenih u dnevnoj štampi neposredno  
posle nuklearnog udesa u Černobilu, 1986 godine. Informacije  
su analizirane uporedno sa informacijama objavljenim u nekim  
evropskim dnevnim listovima.

Od 29. aprila 1986 godine, kada su se u dnevnim listovima poja-  
vile prve informacije o nesreći u nuklearnoj elektrani u Černo-  
bilu, preuzete od strane sovjetske agencije TASS, ovo je bila  
vest koja je zauzimala naslovne strane naših dnevnih i nedeljnih  
listova tokom prve polovine maja meseca i kasnije .

Osim opšteg utiska da je naša štampa u celini iscrpno i objek-  
tivno prenosila informacije o ovom događaju i obavestavala gra-  
djanstvo o preporukama Saveznog komiteta za rad, zdravstvo i so-  
cijalnu zaštitu ( prvo zvanično saopštenje izdato 4. maja ) šta  
treba činiti u nastaloj situaciji, mogu se uočiti i neke neusa-  
glašenosti, pa i netačnosti , čija pojava sigurno nije samo re-  
zultat nedovoljne upućenosti novinara.

Pre svega, NIJE BILO ČLANKA OPŠTEG SADRŽAJA koji bi hronološki i  
stručno objasnio šta se zaista dogodilo u Černobilu, pružio os-  
novne podatke o delovanju jonizujućeg zračenja na organizam , o  
veličini prirodnog zračenja uopšte, o dozvoljivim dozama , kao i  
kretanju radioaktivnog oblaka iznad Evrope i Jugoslavije. Članak  
ovakvog sadržaja pojavio se tek 12. maja u nedeljniku NIN , skoro



u potpunosti preuzet iz engleskog Time-a. Uzgred, pomenuti članak iz Time-a je primer dobre i potpune informacije u ovakvim i sličnim situacijama.

Osnovni propust u našim sredstvima informisanja bio je NESTRUKTURNO DEFINISANJE I KORISĆENJE POJMOVA iz oblasti radiometrije i dozimetrije jonizujućeg zračenja, kao i NEUJEDNACENOST U JEDINICAMA ZA IZRAŽAVANJE osnovnih veličina iz ove oblasti. Osnovne veličine su često zamenjivane jedna drugom ( doza i aktivnost, ozračenost i kontaminacija radioaktivnim materijama, i sl.). Upotrebljavane su, najčešće neadekvatno, sve moguće jedinice :  $\mu R$ ,  $\mu R/h$ ,  $\mu A/kg$ , Sv, pa čak i " mSv - za srednju godišnju dozu ozračivanja i pSv - za jačinu doze u sekundi " .

Još veći propust, međjutim, bio je po našem mišljenju to što NIJE POSTOJAO PREGLED SITUACIJE ZA CELU ZEMLJU , ili se takav utisak sticao zbog nesistematskog i nekoordinisanog pristizanja informacija iz pojedinih regiona. U stranoj štampi su se prve karte sa raspodelom koncentracija pojedinih radionuklida i veličinom ekspozicione doze, pojavile već u prvoj sedmici maja. Razlog za ovo sigurno nije iz domena novinarstva.

Posebno pitanje bilo je NEDEFINISANJE NORMI . U našoj štampi smo se stalno sretali sa informacijama kao što su " radioaktivnost vazduha je u granicama dozvoljivog", "ispod dozvoljivog", " gama zračenje ove jačine ne izaziva vidljiva oštećenja zdravlja", " u pitanju su niske doze ozračenosti", " u pitanju su doze ispod kontrolnog nivoa " i sl. Pri tome veličine tih " dozvoljivih i nedozvoljivih doza" i " kontrolnih nivoa" nisu nigde bili dati na uvid javnosti. Tek 23. maja, javnost je kratko obavestena da je u pripremi novi Pravilnik o dopustivim količinama godišnjeg unošenja radionuklida i da je " za incidentne situacije dozvoljiva doza povećana od 1 na 2.5 mSv/godišnje", a da će na primer, " dozvoljiva ozračenost mleka biti 300 Bq " .

Sve gore navedene kao i neke druge NETAČNE INFORMACIJE ( " od dva gama spektrometra u Beogradu , ni jedan nije korišćen za vreme Černobila " ; " u Crnoj Gori nema uređaja za registrovanje radioaktivnosti; Crna Gora nije ugrožena " ) najverovatnije su, s jedne strane, posledica lošeg prenosa informacije od davaoca do korisnika, a s druge strane, posledica NEPOSTOJANJA STRUČNOG ŠTABA ZA PRIKUPLJANJE I PRAĆENJE PODATAKA I INFORMISANJE. Jedno ovakvo

telo bi sigurno gradjanstvu pružilo potpuniyu informaciju o tome kome za šta da se obrate u nastaloj situaciji. Ovim bi se sigurno smanjila uznemirenost javnosti, a i sprečilo ometanje u radu svih subjekata koji su učestvovali u merenjima i kontrolí uzoraka iz životne sredine.

Najzad, ono što je osnovno za potpuno informisanje javnosti, kako stručne, tako i one najšire, jeste pitanje iznošenja brojčanih podataka o sadržaju radionuklida u namirnicama i drugim uzorcima iz životne sredine, odnosno njihovo uskraćivanje. U našoj stampi su se tokom maja meseca mogli naći mnogobrojni podaci o jačini ekspozicione doze na pojedinim lokacijama, a u toku juna i o koncentraciji cezijuma u pojedinim namirnicama ( izneti od strane Saveznog komiteta za zdravlje ...). Da ne spominjemo informacije o nastaloj radioekološkoj situaciji u Evropi, objavljivane u stranoj stampi, koje su obuhvatale i podatke iz naše zemlje. Kada se sve ovo ima u vidu, pitanje bilo kakvog OGRANIČENJA OBJAVLJIVANJA INFORMACIJA O SITUACIJI NASTALOJ KAO POSLEBICA NUKLEARNOG UDESA U ČERNOBILU postaje k r a j n j e b e s m i s l e n o .

#### Literatura

Dnevni listovi : POLITIKA, VECERNJE NOVOSTI, POLITIKA EXPRES

Nedeljnici : NIN, DNEVNIK, POLITIKA BAZAR

Strana stampa : TIME, TINES, DAILY EXPRESS, CORRIERE SERRA,

DIEDEUTSCHECEITUNG, NEW SCIENTIST, DAILY MIRROR

II SAVJETOVANJE JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA:  
"IZLAGANJE ZRAČENJU IZ PRIRODNE SREDINE I PROCJENA ODGOVARAJU-  
ĆEG RADIJACIONOG RIZIKA", KRAGUJEVAC, 6. do 8. oktobra 1986. godine

## KRITIKA NAŠEG ISKUSTVA I POUKE POSLIJE ČERNOBILA

I. Dvornik i B. Vekić  
Institut "Ruder Bošković", Zagreb

Princip ALARA ima dvije nerazdvojive komponente: princip minimizacije izlaganja zračenju (1) i princip najmanjeg ukupnog rizika (2). Dobit, koja je razmjerna razlici doze zračenja i smanjenju rizika postignutog primjenom zaštitnih mjera, mora biti veća od gubitka zbog zdravstvenih, socijalnih i ekonomskih šteta izazvanih direktno ili indirektno tim istim mjerama. Sve mjere imaju svoju cijenu. Svaki rizik je nepoželjan, ali izbjegavajući manji rizik ne želimo upasti u veći. Rizik zračenja je često mali, pa i mjere zaštite, primijeni li se samo ALARA (1) mogu lako biti štetne. ALARA (2) zahtijeva analizu mogućih gubitaka, dakle poznavanje (kvantitativno) malih rizika. Zbog nedovoljnog znanja ALARA (2) se zanemaruje, pa i nenamjerno nastaje šteta. Rad pokazuje kako se to kod nas događalo poslije Černobila. Kompariraju se međunarodne preporuke i norme, te razni rizici i mjere. Diskutiraju se uzroci grešaka i pokušava odrediti osnove na kojima bi se naša zemlja mogla osposobiti za racionalni tretman vanrednih radijacionih situacija bilo kojeg porijekla.

### U V O D

U ranoj fazi primjene zračenja, pa i u prvim poslijeratnim godinama, malo se znalo o kasnim, stohastičkim posljedicama malih doza zračenja. Pravila zaštite su bila blaža, a dozvoljene doze veće. Svestrana radiobiološka istraživanja, a posebno dozimetrijska i epidemiološka istraživanja posljedica zračenja na japanskim žrtvama atomskih bombi, daju nova znanja. Linearnom ekstrapolacijom rezultata o odnosu doza - efekt do najnižih doza određuju se dozvoljeno izlaganje i norme zaštite koje vrijede i danas. Bitni dokument o tome je "ICRP Publication 26" (1). Formulira se novi sistem limitiranja doze za normalne uvjete rada s izvorima zračenja, koji dijelom vrijedi i u akcidentalnim uslovima. Izlaganje zračenju ili radioaktivnoj kontaminaciji ograničava se jedinstvom triju komponena sistema:

- (a) opravdanost prakse rada s izvorima zračenja,
- (b) optimizacija zaštite od zračenja,
- (c) dozvoljene godišnje granice ekvivalentne doze.

Optimizacija zaštite teži smanjenju izlaganja zračenju polazeći od principa ALARA (od engleskog: "As Low as Reasonably Achievable") - "toliko nisko koliko se razumno može postići".

Na osnovi "Publ. 26" daju se u "ICRP Publication 30" (2) granice za unošenje radionuklida u tijelo, a 1982. g. Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) objavljuje "Osnovne standarde sigurnosti za zaštitu od zračenja (3). Akcidentalna situacija razlikuje se od normalne, jer se izlaganje zračenju ne može unaprijed kontrolirati, ali se obično može manje ili više ograničiti određenim interventnim mjerama koje se poduzimaju s ciljem da se izlaganje zračenju smanji koliko god se razumno može postići, a posljedice neizbježnog ozračenja ublaže. Osnove za planiranje zaštite stanovništva od zračenja u slučaju većih radijacionih akcidenata daju se i "ICRP Publication 40" (4).

Kritičko razmatranje i analiza prakse poslije černobilske nesreće i pokušaj sinteze pouka za sutra mora polaziti od citiranih temeljnih dokumenata ICRP i IAEA. Naši zakoni i propisi su nepotpuni, a u neki elementima, posebno u pitanju tretmana vanrednih situacija, i pogrešni. Ono što je u propisima drugih zemalja bitno to u našima nedostaje: jasno i racionalno definirana odgovornost za kvalitetnu realizaciju ciljeva - sigurnosti nuklearnih objekata (tj. preventive kvarova i akcidenata) i zaštite od zračenja. Zato je i moguće da se u nas formalnom primjenom propisi u suštini krše. A bilo bi moguće raditi puno bolje, jer to nije pitanje samo materijalnih sredstava, već prvenstveno organizacije po postojećim dobrim uzorima. Dokumenti ICRP i IAEA vrlo su jasni, a iskustvo naprednijih kaže da se preventiva i zaštita sasvim sigurno isplate primjenom zaštite koja je optimizirana.

Budući da je u Černobilskom slučaju optimizacija zaštite bila naša najboljnja točka, korisno je da detaljnije analiziramo princip ALARA.

## PRINCIP ALARA - OPTIMIZACIJA ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Princip ALARA je nerazdvojiva cjelina od dvije komponente: (1) princip minimizacije izlaganja zračenju i (2) princip najmanjeg ukupnog rizika. (1) izražava prirodnu težnju da se izbjegne svaki rizik, a (2) razumnu obavezu da izbjegavajući manji rizik, ne podlegnemo većem.

Pril izradi osnova za "plan interventnih mjera u vanrednim radijacionim situacijama" odgovorni organ ostvaruje optimizaciju zaštite primjenom prin-

cipa ALARA -(2). Pritom je obavezan (3, str. 145 i 163; 4, str. 2) da u što većoj mjeri kvantitativno usporedi:

(a) DOBIT (korist), koja je razmjerna razlici doze zračenja i smanjenju rizika postignutom primjenom nekih zaštitnih mjera, i

(b) GUBITAK (šteta), zbog zdravstvenih, socijalnih ili ekonomskih šteta izazvanih direktno ili indirektno tim istim mjerama.

Sve mjere imaju svoju cijenu, a opravdane su samo one mjere čija će primjena dati dobit veću od gubitka (3, str. 163, par. 610). Kvantitativna analiza dobiti i gubitaka je vrlo težak zadatak, pa se prakticira i pažljivi polukvantitativni pristup ili razumna procjena. Vrijednost svih vrsta štete izražava se u novčanom ekvivalentu. Prednost se daje zaštiti zdravlja, ali se uzima u obzir da i psiho-socijalna opterećenja ili ekonomske štete indirektno djeluju na zdravlje, odnosno, da zdravstvene štete imaju ekonomske posljedice (3, str. 145 - 148). Kvantitativnom pristupu se prije svega teži pri određivanju interventnih nivoa doze, a procjena dominira u operativnoj praksi. U tretmanu postakcidentalnih mjera koje se primjenjuju na stanovništvo mora se uzeti u obzir da rizik primjene neke mjere zavisi o tome kada, gdje i pod kojim uslovima se primjenjuje. Kako svi detalji uslova primjene ne mogu da se predvide, procjena opravdanosti mjere traži posebnu pažnju (4, str. 8). Dileme analize dobit - gubitak ("cost - benefit analysis") pokazuju da samo visoko stručni interdisciplinarni pristup, s kombinacijom struka koje većinom nisu vezane za zračenje, može dati optimalni rezultat. U tom timskom naporu stručnjaci za zračenje dužni su da dadu realnu vrijednost rizika zračenja izraženu u veličinama (vjerojatnost pojave raka, novčani ekvivalent) koje drugim stručnjacima omogućuju direktnu komparaciju rizika različitog karaktera. Golemo iskustvo svijeta (i dokumenti ICRP, IAEA) treba da se iskoristi (upozna, adaptira), a to se postiže samo kontinuiranim organiziranim profesionalnim naporom orijentiranim na društvene ciljeve. Za kvalitetu rezultata uvjet je naučna metoda, ali praktični cilj ima uvijek prednost, a naučni rezultat može biti samo nusprodukt naučnog pristupa praktičnom cilju (primjer je program i rad finskog instituta (centra) za nuklearnu sigurnost i zaštitu od zračenja).

Značajni dio posla u "cost - benefit" analizi obavila je za nas ICRP predlažući Interventne nivoe doze za primjenu cijelog spektra zaštitnih mjera (4, str. 19 - 21). Budući da je nemoguće istovremeno uvažiti sve specifičnosti konkretnih vanrednih situacija i lokalnih prilika i problema s kojima je primjena mjera povezana, ICRP za svaku kategoriju mjera daje granične interventne vrijednosti doze u dva nivoa različita za faktor 10: donji nivo, ispod kojeg mjere nisu nikako opravdane, i gornji nivo doze, iznad kojeg se mjere "gotovo sigurno"

trebaju primljeniti (karakterističan je oprez u preporuci: ne "obavezno", već "gotovo sigurno", što odražava duh preporuka koje uvijek traže nešablonski, elastični pristup, uz puno uvažavanje mogućih specifičnih razlika, koji u nekoj konkretnoj situaciji uvjetuju da je optimum zaštite ne primljeniti mjeru i iznad gornjeg nivoa doze). ICRP je kategorična u konstataciji da ispod donjeg nivoa mjere nisu opravdane, što je dokaz za stav da je ispod donjeg nivoa doze "gubitak" od štetnosti mjere veći od "dobit" od mogućeg smanjenja doze. U ocjeni naših grešaka poslije Černobila i naporima koji treba da dovedu do izrade naših planova za vanredne situacije i naših interventnih nivoa, uvažavanje ovakvih finisa u formulaciji preporuka ICRP i IAEA (3, str. 155, 163 - 165; 4, str. 9, 19 - 21) mora biti potpuno, a analiza mogućih argumenata za drukčiji pristup mora polaziti isključivo iz poznavanja i naučnog vrednovanja razvoja spoznaja u svjetskoj praksi, kao i iz eventualnih novih stavova ICRP. Nije dopustivo da se odstupanje od preporuka ICRP (duha ili slova) opravdava paušalno i bez čvrstih argumenata (npr. "humanim" stavom da mi trebamo oštrija ograničenja doze, jer smo humanije društvo), jer takva odstupanja mogu neodgovorno voditi do velike štete na osnovu rizika koje mi nismo poznavali ili nismo dovoljno ocijenili. Upravo odstupanje od preporuka ICRP i IAEA je bilo karakteristično za našu službenu post-černobilsku praksu, pa je to osnovni uzrok šteta po zdravlje i ekonomiku, koje su male pojedinačno, ali goleme u zbroju za cijelo stanovništvo i privredu zemlje.

Možda je veliki dio korijena tog pogubnog odstupanja u indoktrinaciji velikog dijela naše intelektualne javnosti (pa i značajnog dijela članova organa vlasti i političkih tijela) strahom od zračenja i svega nuklearnog. Makar taj bio rezultat vrlo uporne i agresivne demagogije, serviranja poluistina i laži, on je (zahvaljujući i jednostranim informacijama iz stranih medija) imao aureolu humanosti i "hrabre" opozicije zlim moćnicima, pa je tim više naš nestručni savjesni građanin morao biti uznemiren. Tako je stvoreno javno mnijenje koje znači moralni i politički pritisak na sve donosiocje odluka i stručnjake. Ništa ne mijenja na stvari činjenica da bi se to javno mnijenje sasvim izmijenilo kada bi svi sijači straha morali javno, pred pravim stručnjacima, argumentima dokazati svoje poznate izjave. Velika je krivica naših novinara i organa vlasti i politike kojima je dužnost da u važnim pitanjima za društvo "prisile" stručnjake i "stručnjake", koji imaju suprotni stav (a istina je samo jedan) da ga javno raščiste. To nije učinjeno, pa je i naš sistem mjera poslije Černobila dijelom donesen pod pritiskom argumenata kao: "bolje previše zaštitite" (u ime "preventive"); "opasno bi bilo izazvati prigovor da ne štitimo, da bagateliziramo opasnost"; "nezgodno je ići na umirivanje gradana"; i slično. Naše mjere su tako donesene, pre nagljeno

i bez "cost - benefit" analize, pri nivou predvidive doze više od deset puta nižem od donjeg Interventnog nivoa ICRP (4, str. 21).

Upravo indoktrinacija strahom je spriječila nosioce odluka da shvate činjenicu: osnovna opasnost za zdravlje i zemlju nije 1. maja bilo zračenje, već psihološka situacija naroda koja je primjenu nekih (inače pretjeranih) mjera dovela do apsurdna i još veće štetnosti (najgori primjer: smrt nerođene djece u velikom broju apsolutno nepotrebnih abortusa).

Psihološki faktor može predstavljati teškoću i u budućem radu na poboljšanju propisa i donošenju planova. Zato je danas ključni zadatak javno utvrđivanje istine o riziku zračenja. Kako pomoći nestručnoj javnosti da s punim povjerenjem spozna istinu, kada i mnogi stručnjaci teško napuštaju predrasude? Potpunu stručnu i naučnu osvjedočenost o djelovanju zračenja na čovjeka može imati samo svestrani znalac (stručni tim) s velikim iskustvom u fizici, kemiji i biologiji zračenja. Ni najobrazovaniji građani ne mogu težiti takvom osvjedočenju. Kampanja nuklearnog zastrašivanja ima, međutim, i svoju dobru stranu: veliki interes građana za odgovore na pitanja koja ih brinu. Zato bi se istina o zračenju najbrže prihvatila kada bi se redovno ponavljale televizijske emisije uživo u kojima bi pravi stručnjaci (u prisustvu i onih koji su sijali strah ili imaju različita mišljenja) odgovarali na živa pitanja građana. Razumljiv odgovor na dileme građana je usporedba rizika malih doza zračenja s razumljivim rizicima faktora prisutnih u svakodnevnom životu.

Stručnjaci za zaštitu od zračenja treba također da posvete punu pažnju vlastitom osposobljavanju za primjenu principa ALARA i "cost - benefit" analizu. Kako je usporedba malih rizika tu osnova, ovdje ćemo dati neke, možda poznate, ali slabo uvažavane činjenice.

## KOMPARACIJA RIZIKA ZRAČENJA S RIZIKOM DRUGIH FAKTORA

Kvantitativna komparacija (i evaluacija) rizika je preduvjet svakog korektnog pristupa zaštiti čovjeka i okoline. U zaštiti od zračenja "prihvatljiv rizik" je određen i deset puta niže nego u zaštiti od industrijskih otrova, a i sto puta niže nego u nekim opasnim zanimanjima ili lošim navikama. Rizik malih doza zračenja je tipični mali rizik koji se nije moglo utvrditi nikakvim epidemiološkim statističkim studijama. Takve studije nisu dale signifikantni rezultat niti pri ispitivanju desetina hiljada radnika koji su znatni dio radnog vijeka radili u nuklearnog industriji primajući povišenu dozu zračenja, ali ispod dozvoljenog nivoa od 50 mSv/g. Male doze zračenje djeluju povećavajući vjerovatnost pojave raka ili genetskih promjena. Pravila zaštite od zračenja izgrađena su na opreznoj

pretpostavci da je ta vjerojatnost linearno proporcionalna dozi, kako je to nadeno kod visokih doza na japanskim žrtvama, premda ima indicija da je rizik manjih doza uz malu brzinu doze niži. Podaci dati niže ne uvažavaju te indicije i izlaze iz linearne hipoteze (3, str. 138 - 140).

### Opasnost malih doza zračenja

Na milion ozračenih efektivnom ekvivalentnom dozom od 10 mSv (1 rem) očekuje se u toku njihovog životnog vijeka prosječno do 10 smrtnih slučajeva od raka ili genetskih promjena u prve dvije generacije. Prirodno zračenje je oko 2 mSv/g. (od čega polovina od udisanja radona, pretežno u kućama), a prosječni pojedinac dobiva dodatnu dozu od 1 do 2 mSv/g. od medicinske primjene zračenja. Navedena smrtnost je prosjek bez obzira na uzrast (4, 5).

Za ozračenje fetusa u maternici utvrđena je kod japanskih žrtava pri dozi od 1 Sv teška mentalna retardacija na 4 od deset ozračenih fetusa (4, str. 14). Premda istraživanje pri višim dozama nije pokazalo znakove postojanja praga za ovu pojavu, nije vjerojatno da se ona pojavljuje i pri vrlo malim dozama. Naime, ni jedna od tri proučene zemlje (SR Njemačka, Švedska i Finska) nije u svojim preporukama stanovništvu (poslije Černobila) dala upute trudnicama koje bi ukazivale na postojanje takvog posebnog rizika (400 puta većeg nego za smrtnost od raka). Naprotiv, u uputama se trudnice ne izuzimaju od preporuke o slobodnom kretanju na otvorenom, a posebno im se ukazuje da se ne trebaju brinuti za zdravlje ploda niti trebaju poduzimati posebne mjere opreza, te da mogu bez straha roditi. Preporuka Njemačke od 12. maja (6) posebno i detaljno obrazlaže da tako male doze ne mogu oštetiti plod, te da se abortus "ni u kom slučaju ne smije opravdati". Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) u teleksu od 6. maja također, bez ograde, upućuje da je ograničenje boravka na otvorenom nepotrebno.

### Komparacija s drugim rizicima

Rizik pušenja cigareta je kvantitativno poznat. Pored karcinogenog djelovanja (gotovo svi slučajevi raka pluća i usne šupljine su tog porijekla) pušenje izaziva smrtonosne posljedice na kardiovaskularnom, dišnom i probavnom sistemu. Za karcinogeni rizik pušenja (5, 7) smatra se da je linearno proporcionalan broju popušanih cigareta, te iznosi 1500 smrtnih slučajeva raka prosječno godišnje na milion pušača koji cijeli svoj vijek puše 35 cigareta dnevno. Komparacija zračenje i pušenja daje slijedeće ekvivalente, tj. doze zračenja i cigareta koje daju jednaku godišnju smrtnost:

---

- 5 mSv (dozvoljena godišnja doza za stanovništvo)	= 3,5 cigareta mjesečno (kroz 40 god.)
- 10 mikroSv = 1 mrem	= popušene 3 i pol cigarete
- 0,3 <sup>*</sup> mSv (doza prosječnog građanina SFRJ od Černobila)	= 100 cigareta

---

\* Ova doza je dobivena grubom procjenom na bazi podataka WHO za cijelu Evropu o kontaminaciji jodom i cezijem i o prosječnim dozama po stanovniku do 1. maja 1987. g. za pojedine zemlje. 0,3 mSv je doza za odrasle, a za djecu je dvaput veća. Nesigurnost ove procjene je do 50 % (8, 9, 10).

---

Rizik zračenja je očito vrlo malen, čak i na nivou doze dozvoljene za radnike koji su profesionalno kontrolirani (50 mSv). Norme zaštite od zračenja su očito dovoljno stroge i ne treba ih mijenjati, ali bi se nad rizikom pušenja trebalo zamisliti, tim više jer se i rizik nepušača procjenjuje na 5 - 10 % rizika pušača s kojim nepušač živi.

Neki od niže navedenih rizika mogu poslužiti kao šire mjerilo u komparaciji s rizikom zračenja i pušenja.

---

Prosječni godišnji broj poginulih na radu na milion zaposlenih (ako rade cijeli radni vijek u istom zanimanju) iznosi po zanimanjima (11, 12):

- građevinarstvo	1680
- ribarstvo	900
- rudarstvo	350
- poljoprivreda	250
- brodogradnja	200
- kemijska industrija	100

---

Prosječni godišnji broj umrlih na milion stanovnika po uzročima smrti iznosi (11 - 13):

- pušenje (20 cigareta dnevno)	5000 <sup>*</sup>
- alkohol (1 litra vina dnevno)	750
- motorna vozila	270
- prehlada	200

- zagađenje zraka (SAD)	100
- padovi (SAD)	80
- pješak u prometu (Engleska)	45
- požari (SAD)	32
- utapanja (kupališta, SAD)	35
- kontracepcijske pilule	20
- zagađenje zraka od termoelektrana (SAD)	17
- pušenje bračnog druga	10

---

\* Ovdje je veći rizik nego u prethodnoj komparaciji, jer su ovdje uključeni svi, a ne samo karcinogeni uzroci smrtnosti pušača.

---

Određujući opet neke ekvivalente dolazimo do slijedećih spoznaja: prosječni Nijemac ili Finac dobit će do 1. maja 1987. godine zbog Černobila 0.2 mSv od eksternog (vanjskog) ozračenja (9). Da su tokom maja smanjili boravak izvan kuće za 3 sata dnevno, "uštedjeli" bi dozu od maksimalno 50 mikroSv. Za one koji to vrijeme provedu u stanu s jakim pušačem rizik od "pasivnog" pušenja je otprilike dvostruko veći nego od uštedene doze zračenja!

Naš građanin je, ako je dosljedno primjenjivao sve preporučene mjere zaštite, prosječnu černobilsku dozu od 0.3 mSv mogao smanjiti za trećinu. Ušteda je 0.1 mSv, što po riziku smrti odgovara jednom smrtnom slučaju godišnje na 10 miliona ozračenih, što je ekvivalentno:

- jednom danu godišnje pješaka u prometu, ili
- 2 dana godišnje zagađenja zraka od termoelektrana, ili
- pola dana godišnje rada u kemijskoj industriji, ili
- 35 popušenih cigareta.

Uvid u statistiku malih rizika pokazuje zašto je ICRP postavila najniži donji interventni nivo na 5 mSv i utvrdila, da ispod tog nivoa predvidive godišnje doze od nekog akcidentalnog radioaktivnog zagađenja okoline, nikakve mjere nisu opravdane. Očito je utvrđeno da ograničenje ishrane, kao mjera za koju je taj granični nivo predložen, predstavlja veći rizik od rizika moguće uštedene doze.

### Optimizacija zaštite

Od navedenih radijacionih rizika čovjek može da se vrlo uspješno brani i tako smanji vjerovatnost štete. Što je rizik veći, to je i dobit od obrambenog truda veća. Budući da je čovjeku izuzetno važno da sveukupni rizik bude

što je moguće manji, razumno je da svoje obrambene napore usmjeri na onaj rizik gdje je dobit veća. Tako je razumno i to da braneći se od većeg rizika, namjerno zanemarujemo obranu od manjeg. Ali, ako smo uspaničeni oko manjeg rizika, ne znamo, ili ne želimo znati veći, onda se krivo usmjeravamo i trpimo dvostruku štetu: obrana košta mnogo više nego dobit koju daje, a veći rizik slobodno djeluje.

U post-černobilskoj situaciji ili sličnim slučajevima vrlo niske kontaminacije kvantitativna "cost - benefit" analiza uopće nije potrebna. I bez plana i interventnih nivoa, izbor akcije je jednostavan: nikakve mjere zaštite od zračenja, osim onih koje ne koštaju ništa (lična higijena npr.), koje umiruju (a nikako ne uznemiruju, jer i uznemiravanje je štetnije od zračenja), dakle, pridržavanje donjih interventnih nivoa ICRP Pu. 40. Drugim riječima, potrudimo se da ne vladaju emocije, već razum!

Vanredne situacije dolaze iznenada, često na nepredvidiv način. Zato je od ključnog značaja spособnost brze procjene situacije. U slučaju radioaktivne kontaminacije to znači sposobnost proračuna prosječne očekivane godišnje doze za cijelo stanovništvo (teritorija za koji se može utvrditi da je po stupnju kontaminacije grubo homogen), i to u relativno kratkom roku. Za to je dovoljna detaljna mapa raspodjele brzine doza zračenja i približni prosječni sastav kontaminacije (sadržaj pojedinih radionuklida). Poznavanje lokalnih maksimuma je manje bitno. Po zračenju blaga, ali psihološki teška situacija, kao Černobilska u nas, traži hitnost procjene zbog nužde hitnog umirivanja građana, inače ne! U zračenjem opasnoj situaciji procjena i primjena mjera moraju biti vrlo brze.

#### KOMPARACIJA I KRITIKA ZAŠTITNIH MJERA - EVROPA I MI

Uzorak iz Evrope su nam preporuke od 2., 7. i 12. maja za SR Njemačku, do 11. maja za Švedsku i od 4. do 16. maja 1986. za Finsku, te telex WHO od 6. maja. Sve ove zemlje su imale prosječno jaču kontaminaciju nego SFRJ (8, 10). Sve imaju jaku tradiciju u zaštiti od zračenja, posebno Švedska i Finska, koje su gotovo savršeno organizirane u monitoringu, interpretaciji, planiranju za vanredne situacije i naučnom radu (Finska u osloncu na Švedsku). Švedska i Finska striktno (a Njemačka malo modificirano) primjenjuju preporuke ICRP. U svima je postojalo izvjesno političko opterećenje koje je moglo izazvati pritisak ka pooštrenju mjera.

#### Osnovni stavovi i preporuke

Niti jedna od analiziranih evropskih zemalja nije ograničavala boravak

na otvorenom prostoru, ni za djecu ni za trudnice. Jedino je Finska sugerirala da se djeca, u periodu od 7. do 16. maja, ne igraju u barama. U preporukama stanovništvu u SR Njemačkoj uvijek je obrazlagano da je rizik mali, ali i da treba smanjiti izlaganje gdje je to moguće postići jednostavnim sredstvima. Sugerirano je da se ne mijenja normalni način života, te da se ne brani djeci igra na otvorenom prostoru (tenis, igre na pijesku). Njemačka komisija za zaštitu od zračenja primjerno obrazlaže preporučene mjere i situaciju, a posebno upućuje trudnice protiv abortusa.

U našoj zemlji preporučavano je ostajanje u zatvorenom prostoru (trudnice i mala djeca), pa unatoč relativno brzom opozivu ove preporuke vrtići u SR Hrvatskoj drže djecu u zatvorenom cijeli maj, a brane igru na pijesku do sredine juna. Nije bilo pravog umirivanja javnosti, niti upozorenja i savjeta protiv abortusa. Informacija o stvarnoj veličini rizika nije bilo, pa stila informacija, uz kontinuitet zastrašivanja "antinuklearaca", pojačava uznemirenost i nepovjerenje, te strah za zdravlje.

#### Ograničenja ishrane

U skladu s preporukama ICRP 40, Svjetska zdravstvena organizacija, Švedska i Finska su preporučili granicu za J-131 u mlijeku od 2000 Bq/l, a SR Njemačka je preporučila granicu od 500 Bq/l. Ove zemlje su sugerirale prekid ispaše mliječnih krava na otvorenom, s tim da je Švedska već 4. maja dopustila ispašu u krajevima s manje od 10000 Bq/m<sup>2</sup> J-131. U Švedskoj i Finskoj je dopuštena upotreba svježeg povrća uz preporuku da se isto pere, a za pojedine vrste da se kuha, te da se prva voda baci. S druge strane, granica kontaminacije povrća J-131 u Njemačkoj je određena na 250 Bq/kg. Upotreba ostalih prolz-voda dozvoljavana je bez ograničenja. Preporuka da se kišnica ne pije data je u svim analiziranim zemljama, ali je napajanje stoke kišnicom bilo dozvoljeno. U Njemačkoj je vrlo detaljno obrazlagana nepotrebnost ograničavanja obzirom na cizij.

Granica kontaminacije mlijeka J-131 u SFRJ bila je 300 Bq/l. "Povrće ne jesti" prevladava, a isti stav se primjenjuje i za voće, koje Evropa i ne spominje. Mjere za ispašu su iste kao i u Evropi, ali obavijest o ukidanju mjera kasne. Zbog nastale panike, povremeno nestaje dječje hrane, a povrće i voće se predugo ne koristi. Premda pouzdanih analiza još uvijek nema, poremećaj ishrane sigurno je bio štetniji od rizika doze zračenja. Opet je razum nadvladala panika, pojačana dijelom informacija (koje su, kao i poduzimane mjere, varirale od jedne do druge SR, iako je Zakon jedinstven za cijelu SFRJ), nejasnoćom,

neselektivnišću, nerazumljivim jedinicama, odsustvom uputa o stvarnom riziku, kao i o mogućim alternativama kad se date preporuke ne mogu poštivati.

### Uloga javnih medija

Ljudi iz medija su požrtvovano radili, bilo je dobrih momenata, ali osnovni ton je bio pod utjecajem indoktrinacije strahom od zračenja. To je razumljivo jer je situacija čovjeka u odnosu na taj strah psihološki teška: sam ne razumije niti može provjeriti, o tome svijet brui, a stručnjaci se ne slažu. Ključni ljudi iz medija ipak su odgovorni za to što nisu iskoristili silno zanimanje javnosti i moć medija (posebno TV) da u javnoj konfrontaciji stručnjaka dođu do istine. Zbog mode nuklearnog straha bilo je u medijima malo rizično umirivati strah od zračenja, a pojedini novinari su od zastrašivanja i poluistina, a tobože "u ime najviše humanosti" (a za prozirne interese) vrlo agresivno pravili lični kapital u već izmanipuliranom javnom mnijenju. Zna se tko je i što govorio, koji novinari su što pisali, pa se možemo nadati da će svi oni jednom morati da dokažu rečeno. Umjesto da novinari samostalno zastupaju stručne stavove, mediji bi morali odgovornost za stručne informacije dati i stručnjacima. I jedni i drugi treba da stručnu istinu prezentiraju tako da je nestručna javnost ispravno i shvati, jer u javnosti naopako shvaćena istina nije drugo do li obmana! Autori su imali lično iskustvo da istina o riziku zračenja nije senzacionalna, nije popularna, pa nije ni poželjna u javnim medijima.

### ZAKLJUČAK

Premda su brojni stručnjaci i stručne organizacije izuzetno brzo i efikasno reagirale, i u onom dijelu za koji su bile ovlaštene i unaprijed pripremljene, vrlo savjesno i stručno napravile hvale vrijedan posao, černobilaska nesreća je iznijela na vidjelo i brojne naše slabosti. To je u prvom redu naša loša organiziranost u zaštiti od ionizirajućih zračenja, te neadekvatna regulativa ove oblasti. To je osnovni razlog što su neke mjere, preporučene i primijenjene poslije černobilske nesreće donijele više štete nego koristi. Da se to eventualno ne bi ponovilo, treba organizirati stručnu i društvenu odgovornost za zaštitu od zračenja i sigurnost nuklearnih objekata (prvenstveno preventivu akcidenata), po uzoru na druge, dobro organizirane zemlje, Finsku npr. Treba odmah zadužiti stručne institucije da izrade program i predlože podjelu zadataka tako da se pokriju sve praktične potrebe svih dijelova zemlje i iskoriste svi kvalitetni stručni kapaciteti. Neophodno je osigurati dugoročnu podršku ovim programima.

Sve do sada izmjerene podatke treba hitno objaviti, analizirati kvalitetu i potpunost, obraditi ih i izračunati što točnije prosječne doze za stanovništvo.

Neophodno je izraditi planove za vanredne radijacione situacije bilo kog porijekla i nivoa opasnosti, te početi obuku stanovništva s psihološkim osposobljavanjem da razumno i mirno dočeka svaku sličnu situaciju.

Zakone i propise iz oblasti zaštite treba stalno usavršavati, ali i pojednostaviti, tako da se propisi mogu u hodu mijenjati i popravljati bez izmjene zakona.

Treba analizirati iskustvo i greške iz maja 1986. i javno utvrditi pozitivna, ali i negativna iskustva, posebno u smislu demistifikacije opasnosti od zračenja. Značajan dio primijenjenih mjera je bio pretjeran i štetan, ili nedovoljno objašnjen. Javnost nije informirana o stvarnom riziku, a uzrok grešaka je nepoštivanje preporuka ICRP i IAEA, te nedosljedna primjena principa ALARA.

#### LITERATURA

1. ICRP Publication 26, 1977.
2. ICRP Publication 30, 1979.
3. Basic Safety Standards for Radiation Protection, IAEA Safety Series No. 9, IAEA, Vienna, 1982.
4. Protection of the public in the event of major radiation accidents, ICRP Publication 40, 1984.
5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 1982 Report: Ionizing Radiation Sources and Biological Effects, United Nations, New York, 1982.
6. Izvještaj vlade SR Njemačke, Ministarstva za istraživanja i tehnologiju od 9. juna 1986.; Preporuke stanovništvu od 2., 7. i 12. maja 1986.
7. Biological Effects of Low Level Radiation, Proc. IAEA-SM-266, Venice, Vienna, 1983.
8. WHO Expert Group on Assessment of Radiation Dose Commitment In Europe Due to the Chernobill Accident, Summary Report of July 22, 1986, in Nuclear Europe 9/1986, p. 29 - 32.
9. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 18. 06. 1986.
10. IAEA Bulletin, 28 (No.3), 1986, p. 27 - 29.
11. IAEA Bulletin, 22, 1980.
12. V. Paar, Energetska kriza, Školska knjiga, Zagreb, 1984., str. 272.
13. J. Riznić, Nuklearna tehnologija br. 1, 1986., str. 33.

401.510