

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

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

XII ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИУМ
ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ

КНИГА I



ОХРИД,

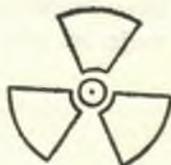
31 мај — 3 јуни 1983 год.

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

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

XII ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИУМ
ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ

КНИГА I



ОХРИД,

31 мај — 3 јуни 1983 год.

XII ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИУМ ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ
ОХРИД, 31 мај — 3 јуни 1983 г.

Организатори:

Југословенско друштво за заштита од зрачење
Друштво за заштита од зрачење на СР Македонија

Техничка организација:

Центар за примена на радиоизотопи во стопанството „Скопје“,
Скопје, пошт. фах 274

Организационен одбор:

Љ. Арсов, Ј. Арсовски, З. Ѓукиќ, Т. Имани, Г. Хорват, З. Календаров,
С. Конеска, А. Марѓокиќ, А. Михајлов, У. Миклавжиќ, Б. Симиќ,
А. Стефановски, Г. Теодосиевски

Секретаријат:

Т. Ановски, Д. Качурков, Б. Минчева, Д. Неделковски, С. Поповски

Технички одбор:

Т. Јосифовски, Л. Лелифанова, Љ. Хаџиевски, М. Цветковиќ

Редакционен одбор:

Т. Ановски, Д. Качурков, П. Марковиќ, Б. Момчиловиќ, Р. Радовановиќ

Издавањето на Зборникот финансиски го помогна Републичката заедница
на научните дејности — Скопје, за што посебно сме благодарни

Редакциониот одбор не е одговорен за евентуалните технички и други
пропусти во оние трудови чии што автори не се придржувале целосно
на напатствијата за припремање на истите за печатење

I

С О Д Р Ж И Н А

КНИГА	страница
И с в е т к и ј а : ОПШТИ ПРОБЛЕМИ НА ЗАШТИТАТА ОД ЗРАЧЕЊЕ	1
1. M.Mladjenović: Neki društveni aspekti zaštite od zračenja	3
2. P.S.Bojović: Osnova metode za ocene zaštite od zračenja	12
3. M.M.Ninković, J.Vujić: Predlog naziva i bliže definicije SI- jedinice za ekspozicionu dozu	18
4. M.Žarić: Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejo- nizujućeg zračenja u okviru "Programa nauč- no istraživačke aktivnosti na zaštiti i una- predjivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji"	24
5. S.Lulić: ICRP publikacija 30 i jugoslovensko zakono- davstvo	30
6. B.Katušhin-Ražem, D.Ražem, I.Dvornik, B.Briski: Zakonski propisi o zračenju namirnica	34
7. Ž.Deanović, D.Petrović: Kako naše zdravstvo prati izgradnju nuklear- nih elektrana	41
8. V.Stančić, I.Bunji, B.Radjenović: Sistematizacija i formatizovanje biblioteka nuklearnih podataka za primeru u zaštiti od zračenja i dozimetrije	47
9. R.Pavlović: Obuka kadrova za primenu radionuklida i zra- čenja u centru za permanentno obrazovanje IBK	51

II с е н ц и ј а :	РАДИОЕНОЛОГИЈА	57
10.	M.Mihailović, A.Jeršić, K.Južnić, D.Brajnik, J.Štupar, P.Stegnar, I.Kobal, B.Smodiš, Z.Smerkolj: Radioekološka ispitivanja u Sloveniji	59
11.	M.Mihailović, M.Kanduč, M.Križman, I.Kobal: Primena log-normalne analize na evaluaciju rezultata merenja aktivnosti i drugih karak- teristika uzoraka iz okoline	63
12.	D.Brajnik, M.Korun: Identifikacija radionuklidov v okolici NEK	64
13.	N.Horvatinčić, D.Srdoč, B.Obelić, I.Krajcar, A.Slepčević: Praćenje koncentracija aktivnosti tricija u širem okolišu NE Krško	68
14.	I.Kobal, M.Škofljanec, F.Kaluža: Radioaktivnost v okolju kot posledica fosfat- ne industrije	74
15.	N.Ajdačić, M.Martić: Uticaј pepelišta termoenergetskih postrojenja na stepen kontaminacije površinskih voda ra- dioaktivnim materijama	80
16.	B.Pucelj, R.Martinčić: Koncentracija naravne radioaktivnosti v teh- nološkom procesu	84
17.	D.Hajduković: Aktuelni problemi zaštite u neuranskim rudni- cima zletovsko-kratovske oblasti	86
18.	T.Ановски, P.Драшковиќ, Б.Минчева, Д.Начурков Љ.Хаџиевски: Утврдување на радиоенолошките карактеристики на реката Вардар	92
19.	D.Cesar, Dj.Stampf, A.Bauman: Prirodna radioaktivnost u zraku	97
20.	G.Marović, M.Bajlo, A.Bauman: Odredjivanje ⁹⁰ Sr u zraku	100
21.	R.Kljajić, E.Horišić, Z.Milošević, A.Mihalj, D.Hasanbašić, L.Saračević: Nivo aktivnosti Sr-90 i Cs-137 u lišaju i ma- hovini planinskog područja BiH	104

22. D.Ražem, I.Dvornik:
Aktivacija namirnica kao posljedica ozračenja neutronima nuklearne eksplozije 108
23. B.Draganović, G.Djurić, G.Košutić:
Nivo aktivnosti radiokalijuma-40 i ostale beta aktivnosti u mleku, jogurtu i siru 116
24. J.Kovač, N.Lokobauer, A.Bauman:
Odredjivanje $^{239,240}\text{Pu}$ u nekim uzorcima tla 120
25. L.Saračević, A.Mihalj, R.Kljajić, D.Hasanbašić, E.Horšić, Z.Milošević:
Migracija Sr-90 i Cs-137 u tlu u zavisnosti od vrste tla i nadmorske visine 124
26. Lj.Knežević, O.Janković:
Procena parametara transporta radionuklida kroz zemljište primenom matematičkog jednodimenzionalnog modela 128
27. A.Mihalj, L.Saračević, D.Hasanbašić, R.Kljajić, Z.Milošević, E.Horšić:
Transfer Sr-90 u sistemu zemlja -trava -mlijeko -sir 132
28. E.Horšić, Z.Milošević, R.Kljajić:
Godišna doza ozračivanja populacije u lancu voda-riba-čovjek 136
29. R.Mitrović, S.Stanković, S.Bojović, B.Petrović, G.Djurić:
Ukupna alfa aktivnost u industrijski proizvedenim stočnim hranivima 142
30. S.Stanković, R.Mitrović, G.Djurić, B.Petrović:
Koeficienti nakupljanja biološki značajnih radionuklida u industrijski proizvedenim stočnim hranivima 148
31. Б.Жешнов, М.Адамов, М.Паневска:
 ^{90}Sr и ^{137}Cs во водата, сеното и продуктите од говеда 154
32. Б.Жешнов, М.Паневска, М.Адамов:
Присаство на некои природни радионуклиди во циклусот на говедарското производство 156

33. G.Djurić, B.Petrović:
Funkcionalna zavisnost nivoa ukupne beta aktivnosti i aktivnosti ^{40}K , za živinsko meso i jaja 159
34. D.Patić, R.Smiljanić, Z.Gršić:
Uticaj vremenskih promena meteoroloških parametara na trajanje uzorkovanja u kontroli aerozagadjenja 163
35. R.Smiljanić, D.Patić:
Primena statističkih metoda za ocenu značajnosti uticaja padavina na sadržaj radioaktivnih materija u vazduhu 169
36. V.Kubelka, K.Kvastek, S.Lulić, I.Ružić:
Nanosi meandra kao jedan od mogućih puteva bržeg zagadjivanja podzemnih voda 175
- III с е н ц и ј а : РАДИОТОНСИНОЛОГИЈА И БИОДОЗИМЕТРИЈА 183
37. M.Osmak, D.Petrović:
Popravak oštećenja u animalnim stanicama nakon neutronskog i gama zračenja 185
38. I.Vučenić, D.Grgičević, B.Vitale:
Aktivacija mehanizma zgrušavanja krvi u toku evolucije akutnog radijacijskog sindroma (ARS) u štakora ozračenih različitim dozama X-zraka i brzih neutrona 189
39. S.Levanat, Ž.Deanović:
Promjene aktivnosti nekih enzima u serumu različito ozračenih štakora 193
40. R.Kljajić, E.Horšić, Z.Milošević, D.Hasanbašić:
Hematološke promjene kod koza nakon akutnog ozračivanja visokoenergetskim X-zracima 197
41. Z.Milošević, R.Kljajić, E.Horšić, I.Selak, Z.Marković:
Komparativna istraživanja akutnog radijacionog sindroma kod malih preživača 201
42. J.Pavelić, B.Vitale:
Regeneracija krvotvornog tkiva miševa nakon subletalnog zračenja. Ovisnost o dozi zračenja 205

43. V.Gal, D.Trajković, R.Radovanović:
Uticaj jonizujućeg zračenja visokih doza na
mikrotubularni sistem in vitro 209
44. K.Milivojević, D.Stojanović:
Efekat dekontaminacije na prevenciju ozračivanja
u eksperimentalnim uslovima 216
45. B.Kargačin, K.Kostial:
Primjena kombinirane terapije kod interne
kontaminacije mješavinom fisijskih produkata:
1. radioaktivni stroncij 222
46. N.Gruden:
Utjecaj različitih dijeta na transport ^{85}Sr
kroz tanko crijevo štakora 226
47. B.Momčilović:
Utjecaj celuloze, lignina i aktivnog ugljena
na apsorpciju radioaktivnog stroncija u neonatalnoj dobi 230
48. A.Milovanović, M.Ćosić:
Efikasnost cistafosa u zaštiti životinja od
gama zračenja 233
49. A.Ferle-Vidović, Ž.Deanović:
Radioprotektivna aktivnost beta-hidroksi-
serotonina 239
50. V.Ninkov, D.Karanović, O.Milić, K.Savovski
N.Pujić:
Simulativno dejstvo bioregulatora na post-
radijacione procese hematopoeze 243
51. D.Karanović, V.Ninkov, N.Radotić:
Delovanje ceruloplasmina na postradijacionu
reģeneraciju hematopoetskog tkiva 247
52. B.Jernej, S.Levanat, S.Miljanić:
Biodozimetrijski značaj praćenja ranih promena
tjelesne težine ozračenih štakora 253
53. Ž.Ubović, Z.Červenjak, A.Živanović, M.Trajković:
Sadržaj prirodnog urana u urinu stanovništva 257
54. M.Maračić, M.Baumštark, N.Lokobauer, A.Bauman:
Odredjivanje Sr-90 u ljudskim kostima 261

55. J.Kovač, M.Bajlo, A.Bauman:
 ^{210}Pb u ljudskom urinu radnika izloženih
 tehnološki proizvedenoj prirodnoj radio-
 aktivnosti 266
56. P.Čremošnik-Pajić, R.Pece, N.Mačvanin,
 J.Ardeljan:
 Izloženost malim dozama jonizujućeg zrače-
 nja i nalaz pojedinih elemenata pregleda
 zdravstvenog stanja 270
57. M.Besarabić, :
 Somatski efekti kod hronične profesionalne
 ekspozicije jonizujućim zračenjima 276
58. D.Hasanbašić, Z.Milošević, E.Horišić, R.Kljajić:
 Strukturne aberacije hromozoma u limfocitima
 nakon in vivo ozračenja 282
59. R.Črnivec, S.Modić:
 Ocena upotrebljivosti pregleda: hromozomskih
 ozleda u limfocitima, binuklearnih limfocita
 i kapilaroskopije 286
60. Dj.Horvat, R.Rozgaj, J.Račić, V.Garaj-Vrhovac:
 Analiza hromosomskih aberacija prije rada u
 zoni zračenja 292
61. R.Rozgaj, Dj.Horvat, J.Račić, V.Garaj-Vrhovac:
 Citogenetska oštećenja u osoba zaposlenih na
 kliničkim odjelima nuklearne medicine 297
62. D.Kubelka, Dj.Horvat, M.Novanović, A.Hebrang
 Citogenetska analiza dijagnostički ozračenih
 osoba 302
63. B.Pendić, N.Barjaktarović, V.Kostić, G.Joksić
 Z.Pendić, S.Andrić:
 Hromosomske aberacije u biodozimetriji jonizu-
 jućih zračenja u parcijalnim akcidentalnim
 ozračivanjima 307
64. B.Marković, D.Panov, M.Jeremić:
 Hromozomske aberacije kod lica akciden-
 talno ozračenih Ir 192 313
65. J.Begović, D.Gajić, A.Zagorčić:
 Delovanje alantoina na limfocite u kul-
 turi ozračivanja X - zracima 317

IV с е н ц и ј а : ДОЗИМЕТРИЈА	323
66. M.Orlić:	
Z - distribucija neutrona u mekom tkivu	325
67. D.Nikezić, P.Marković, M.Danilović :	
Izvodjenje izraza za predatu energiju ϵ jonizujućeg zračenja i računanje koeficijenta apsorpcije korišćenjem izraza za ϵ	331
68. J.Vujić:	
Ocena osetljivosti gama-defektoskopije primenom metode Monte Karlo	335
69. P.Strugar, D.Altiparmakov, N.Dašić:	
Proračun prostorno-energetske raspodele neutrona u vazduhu oko 14 MeV-skog neutronskog izvora	341
70. M.Pavlović, F.Boreli, M.Srećković:	
Albedo gama zračenja telekobaltnog uređjaja u Kladovu	348
71. A.Stefanov, K.Velkov, D.Jovanovski, L.Nikolova	
Zračenje kosih i neravnih površina telekobaltom	354
72. Dj.Ristić, S.Vuković, P.Marković:	
Odredjivanje faktora slabljenja i poludebljina silikatnog stakla ($\rho=2,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) za široki snop X-zračenja, proizvedenog pri naponima od 50-300 kV	360
II КНИГА	
IV с е н ц и ј а : ДОЗИМЕТРИЈА (Продолжение)	367
73. Dj.Ristić, P.Marković, S.Vuković	
Odredjivanje faktora slabljenja i poludebljina baritnog betona ($\rho=3,60 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) za široki snop X-zračenja, proizvedenog pri naponima od 150-400 kV	369
74. D.Veličković, I.Mirić, D.Petrović, R.Smiljanić	
Odredjivanje srednjeg sadržaja urana u različitim homogenim čvrstim uzorcima metodom trag - detektora	375

75. Lj.Vasiljević, J.Simonović, I.Mirić,
D.Veličković:
Procena praga za detekciju brzih neutrona
celuloznim nitratima 379
76. G.Dražić, M.Trontelj.
Priprava in lasnosti sintranih TLD na osnovi
 $\text{CaSO}_4\text{-Dy}$ 383
77. F.Drčar, G.Dražić, U.Miklavžič:
TL dozimetri iz $\text{CaF}_2\text{:Mn}$ za okolje z geomet-
rijskim filtriranjem 389
78. D.Novković, M.Orlić, D.Paligorić, Lj.Dobri-
lović, P.Mirić:
Merenje niskih ekspozicionih doza sa GM - bro-
jačem 391
79. Lj.Dobrilović, D.Novković, M.Orlić, V.Drnda-
rević, K.Kovačević, D.Paligorić:
Neke karakteristike Si detektora i fotodioda
od značaja za merenja jačina absorbovanih
doza 397
80. B.Stamenković, M.Šmelcerović:
Merenje jačine ekspozicione doze u polju zra-
čenja promenljivog intenziteta sa adaptivnim
vremenom merenja 403
81. I.Mirić, D.Veličković, M.Jeremić:
Odredjivanje nekih karakteristika dozimetrijs-
kog generatora X-zračenja 409
82. S.Vuković, S.Marković:
Uticaj promene napona cevi Rb aparata na veli-
činu radijacionog polja pri snimanju u indu-
strijskoj radiografiji 413
83. D.Cesar, B.Ferber, Ž.Radalj:
Dvadeset jedna godina filmdozimetrije 417
84. D.Cesar, M.Novaković, E.Sokolović, H.Cerovac
A.Bauman:
Ekspozicijske doze gama zračenja na području
SR Hrvatske izmjerene termoluminiscentnim
dozimetrima 420
85. D.Cesar, B.Ferber, Ž.Radalj:
Distribucija mjesečnih doza ozračenja osoba
od 1962 do 1982 godine 423

86. D.Križanović:
Merenje i analiza podataka o izloženosti
jonizujućim zračenjima lica koja rade sa
izvorima jonizujućih zračenja i ostalog
stanovništva 428
87. S.Marković:
Procena absorbovanih doza zračenja osoba
izložerih u akcidentu "Priboj" 432
88. B.Pucelj, B.Martinčić:
Iskanje izgubljenega izvora 438
89. B.Vekić, M.Ranogajec-Komor, I.Dvornik,
S.Miljenić, A.Gregoran, Dž.Korenika:
Dozimetrijska mjerenja pri montaži izvora
 ^{60}Co aktivnosti 1.85 PBq 440
90. M.Novaković, H.Cerovac, A.Bauman:
TLD na području s povišenom prirodnom
radioaktivnošću 446
91. J.Kristan:
Izvajanje sanitarnoga nadzora u nuklearni
elektrani Krško u letu 1982 450
- V e n c i j a : ДЕКОНТАМИНАЦИЈА И
РАДИОАКТИВЕН ОТПАД 455
92. Ž.Vuković:
Trendovi razvoja tehnologija obrade i
odlaganja radioaktivnih otpadaka i stanje
u institutu "Boris Kidrič" u Vinči 457
93. R.Despotović, Lj.Despotović, S.Musić,
B.Subotić:
Strategija obrade radioaktivnog otpada 468
94. I.Plečaš, A.Kostađinović, Ž.Vuković:
Ispitivanje mogućnosti primjene domaćih
materijala za izradu betonskih kontejnera
u tehnologiji solidifikacije radioaktiv-
nih otpadnih materija 474
95. I.Plečaš, A.Kostađinović, M.Todorović:
Mogućnost primene domaćih materijala za
izradu maltera za oblaganje i ispunu be-
tonskih tranšeja u tehnologiji solidifi-
kacije radioaktivnih otpadnih materija 480

96. S.Bačić, Ž.Vuković, S.Lazić:
Migracija trasera ¹³³Ba u čvrstu fazu barijum karbonata po površini i duž medjuločnih granica 486
97. Lj.Despotović, R.Despotović:
Ekskluzija kao kontaminacioni proces 490
98. D.Mayer-Žitnik, R.Despotović:
Tenzidi u reakcijama dekontaminacije 496
99. N.Filipović-Vinceković, D.Mayer-Žitnik:
O mehanizmima dekontaminacije iona 501
100. V.Tomašević, R.Despotović:
Mutualna djelovanja u sistemima za dekontaminaciju 507
101. K.Južnič, T.Mohar
Adsorpcija Cs-134, Sr-85 in Ce-141 na sintetičnom ionskem izmenjalcu 511
102. S.Lazić, Ž.Vuković, A.Kostadinović:
Analiza procesa dekontaminacije vode koprecipitacijom
Eksperimentalno odredjivanje karakterističnih parametara u sistemu sa kontinualnim radom. 515
103. B.Tomić, B.Vojnović:
Gospodarenja radioaktivnim otpadom u razvijenim evropskim zemljama 521
104. M.Pirš, M.Toplišek, S.Droljc:
Izlužljivost Cs-137 iz perlit-cementa v primerjavi z vermikulit-cementom 528
- VI с е н ц и ј а : НЕЈОНИЗИРАЧНО ЗРАЧЕЊЕ 535
105. D.Dramlić, J.Jovanović-Kurepa:
Mogućnosti primene nejonizujućeg zračenja lasera u detekciji aerozagadjenja 537
106. A.Janković-Zagorčić, G.Matić:
Eksperimentalno odredjivanje praga oštećenja kože pasa ozračenih helijum-neonskim laserom 543

107. A.Janković-Zagoršić, D.Todorović:
Istraživanja efekta zračenja helijum-
neonskim laserom na testese pasa 548
108. S.Miličević, S.Aničić:
Efekti laserskog zračenja na kardiovasku-
larni sistem pri profesionalnoj ekspoziciji 554
109. B.Petrović, B.Banovčanin, Z.Djordjević:
Dejstvo akutnog i hroničnog mikrotalasnog
zračenja na testese kunića 560
- VII с е н ц и ј а : ЗАШТИТА ОД ИЗВОРИ НА ЗРАЧЕЊЕ
ВО МЕДИЦИНСКА ПРИМЕНА 567
110. J.Ardeljan, D.Križanović, D.Radočaj:
Kriteriji prilikom upućivanja na rentgen
preglede u opštoj bolnici u Zrenjaninu
1982 godine 569
111. A.Hebrang, Z.Vidaković:
Izloženost radiologa rentgenskom zračenju
kod izvodjenja modernih dijagnostičko-te-
rapijskih metoda 575
112. P.Čremošnik-Pajić, P.Mudrinić:
Profesionalna izloženost jonizujućim zrače-
njima i skraćivanje punog radnog vremena kao
mera zaštite 581
113. M.Tomašević, R.Radovanović, J.Simonović:
Struktura pacijenata i dijagnostičkih proce-
dura u laboratorijama za medicinsku primenu
radionuklida u SR Srbiji 587
114. M.Tomašević, J.Simonović, R.Radovanović:
Primena radionuklida ^{198}Au i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ za
scintigrafiju jetre 591
115. M.Tomašević, J.Simonović, R.Radovanović:
Doprinos scintigrafije mozga pomoću $^{99\text{m}}\text{Tc}$
srednjoj gonadnoj dozi stanovnika SR Srbije 595
116. M.Tomašević, D.Križanović, D.Petrović:
Ozračenost dojki pri mamografiji 599
117. U.Miklavžić, B.Pucelj, H.Udovč:
Koncentracija radioizotopov v zraku
nuklearno medicinskega laboratorija 605

VIII с е н ц и ј а :	МЕРНА ИНСТРУМЕНТАЦИЈА И МЕТРОЛОГИЈА	609
118.	S.Muždeka, M.Šmelcerović: Standardi primjenjeni na instrumente u oblasti zaštite od zračenja	611
119.	A.Koturović: Generalizovana struktura digitalnog rejtmetra i neke mogućnosti njene primjene u n monitorima zračenja	615
120.	S.Kostić, S.Muždeka, M.Nakićenović: Uticaj zračenja na pouzdanost elektronskih komponenti visoke integracije	619
121.	M.Šobajić, M.Obradović: Merenje malih jednosmernih struja novom logaritamsko-eksponencijalnom metodom	624
122.	T.Byrne, U.Miklavžić, M.Žele: Alfa-spektrometersko določanje plutonijevih izotopov v padavinah in usadih	628
123.	D.Srdoč, B.Obelić, I.Krajcar, N.Horvatinčić: Mjerenje koncentracija tricija u području od 0.2 do 1 Bq/l bez elektrolitskog obogaćivanja	632
124.	M.Šmelcerović, D.Paligorić, Lj.Dobrilović, R.Ilić, M.Simović, D.Glišović: Merenja specifične alfa i beta aktivnosti metodom debelih izvora	638
125.	A.Milić, M.Obradović: Brojački komplet STV-4	644
126.	R.Martinčić, B.Pucelj: Mobilni ekološki laboratorij	648
127.	V.Drndarević, A.Koturović: Džepni monitor gama zračenja sa poluprovodničkim detektorom i digitalnom indikacijom	652
128.	Ц.Гавровски, Т.Ановски, Д.Начурнов: Личен алармен уред за гама и X-зрачење со звучен сигнал	656

129. S.Miljanić, I.Dvornik, D.Šunduković:
Spektrofotometrijska metoda odredjivanja
doze dozimetara DL-M4 660
130. M.Novaković, H.Cerovac, D.Kubelka:
Mjerenje malih intenziteta ekspozicije
termoluminiscentnim dozimetrima 667
- IX с е н ц и ј а : ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ ВО НУКЛЕАР-
НАТА ЕНЕРГЕТИНА И ИНДУСТРИЈАТА 671
131. S.Lulić, K.Košutić, K.Kvastek, K.Lazarić:
Monitoring tekućih ispuštanja za NE Krško 673
132. R.Simović, V.Stančić:
Proračun prostiranja zračenja u nuklearnim
reaktorima PA i RB primenom programa Sabine-3 678
133. D.Altiparmakov:
Efekti aproksimacije anizotropije rasejanja
neutrona u multigrupnim proračunima zaštite
od zračenja 684
134. A.Kocić:
Proširene mogućnosti Monte Karlo programa
Transfer i Vinram 690
135. M.Pešić, D.Antić:
Radijaciona kontrola i sigurnost postrojenja
sa brzim reaktorom 696
136. M.Pešić, H.Marković, M.Šokčić, I.Mirić,
M.Prokić, P.Strugar:
Modifikovani gorivni kanal za ozračivanje
uzoraka na reaktoru RB 701
137. S.Musić:
Korozija u nuklearnim električnim centralama
Radiološki problemi uvjetovani korozijom 707
138. N.Kallay:
Brza filtracija radioaktivnog koloidnog
materijala 715
139. J.Raičević, J.Bjelanović, M.Ninković:
Iskustva iz zaštite od zračenja kod postro-
jenja za radijacionu sterilizaciju 721

140. Dj.Ristić, P.Marković, R.Smiljanić:
O podobnosti za masovnu upotrebu jonizaci-
onog javljača požara SV-1 sa gledišta zaš-
tite od jonizujućih zračenja 727
141. R.Tasić, D.Novković, Dj.Ristić:
Primena radioaktivnih izvora kod jonizaci-
onih detektora dima 731
142. S.Gnjatović:
Aktuelni problemi zaštite od zračenja kod
primene jonizacionih javljača požara 735

ЗРАЧЕЊЕ

1 с в н ц и ј а : О П Р Т И П Р О С Ј А Е М И Н А З А П Т И Т А Т А О Д

Milorad Mladjenović

Institut "Foris Kidrič"-Vinca

NEKI DRUŠTVENI ASPEKTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Razmatraju se novi okviri aktivnosti zaštite u uslovima interesa javnosti za probleme zračenja i zaštite od njega.

Jedno od najplemenitijih zanimanja čoveka u ovom našem nuklearnom dobu je ono koje se suprotstavlja opasnosti koju ono donosi - zračenju. Radi se o realizaciji starog ideala najstarije profesije - medicine - da je bolje bolest sprečiti nego lečiti; to je prva veza nuklearnih zaštitara sa plemenitošću medicinarskog poziva. Druga je da njegovo upražnjavanje nosi rizik opasnosti koji se upoređuje sa onim rizičnim oblastima medicine gde se lekar izlaže bolestima koje treba da leči; u ovom slučaju zaštitar se izlaže opasnostima koje posledice treba da spreči.

Zaštita od zračenja je prvi značajan prodor one zaštite zdravlja koja se ne može obaviti zakonom naravnim mehanizmom cepljenja, već zahteva suptilnije mehanizme koji sprežu racionalnost sa psihologijom. U pitanju je sposobnost čoveka da se sam brani od opasnosti koje čula ne mogu da osele, i što je psihološki još teže, takoreći niko nije video bolesnika teško oštećenog zračenjem. Pod tim uslovima, ono što definišemo primitivnim čovekom, uopšte ne reaguje na racionalne savete. Manji ili veći deo tog primitivizma nosi u sebi prosečni civilizovani čovek. Zaštita od zračenja je, prema tome, jedan od pionirskih instrumenata, kojim civilizacija štiti čoveka od posledica civilizacije.

Za razliku od medicine, koja je stara koliko i čovek, zaštita od zračenja je stara koliko i ovaj vek. Taj period se može podeliti po fazama koje traju približno po četvrt veka. U prvoj fazi postepeno se otkrivaju efekti zračenja, ali ne pre nego što se rendgenolozi i nuklearni naučnici dobro ozračie. Tad počinju pojedinačne inicijative da se organizuje zaštita i definišu jedinice doze.

Druga faza počinje prvim Medjunarodnim kongresom radiologa, održanog 1925. u Londonu, kojoj je usledilo formiranje Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu 1926. u Štokholmu. Ona priprema i publikuje ceo niz preporuka o zaštiti. Njen rad se

prekida ratom, i peti međunarodni sastanak u Londonu 1950. označava početak treće faze kad se rendgen aparatima i radijumu priključu novi izvori zračenja koje je fisija donela sa sobom. Ozračeni stanovnici Hirošime i Nagasakija omogućili su medicini da napravi kvalitativan skok u poznavanju efekata zračenja na čoveka a brzo rastuće korišćenje radioaktivnih izotopa stalno je širilo krugove ljudi koji su profesionalno imali posla sa zračenjem.

Četvrta faza počinje sedamdesetih godina, kad u nekim industrijskim zemljama naglo počinje da raste broj velikih nuklearnih elektrana. Protesti mladih, koji su u prethodnoj deceniji bili usmereni uglavnom protiv Vijetnamskog rata, zaqadjenja okoline i nuklearnog naoružanja, sada se okreću ka nuklearnim elektranama. Pokreti imaju različiti intenzitet, stepen organizovanosti i program u raznim zemljama, a nekima kao što je naša zemlja, takvih pokreta još nema. To medjutim, ne znači da nema i antinuklearnog raspoloženja. Mi smo otvorena zemlja, koja se pokazala nekritično i pomalo inferiorno prijemčiva za ono što nam je nudila civilizacija Zapada, prevođjena "Amerikom". kako se još uvek često zovu Sjedinjene američke države. Ako smo mogli ovako tužno da poplavimo od uniformisane farmerizacije, sutra bi mogli da poverimo od antinuklearizacije. Naš svet je protiv nuklearne bombe, a bomba baca senku na elektranu. Ta veza je počela da se potencira tek pošto su nuklearne elektrane počele da niču oko naselja. Kod nas su poteškoće sa Krškom demistifikovale saqu o savršenosti nuklearne industrije, koju smo mi nuklearci nekritično prihvatili i prenosili. To otvara vrata realističkom pristupu, koji nije uvek lako odvojiti od emotivnog pristupa. Moglo bi se navesti još dosta argumenata da bi i kod nas mogla da se pojavi življa antinuklearna aktivnost.

Antinuklearna aktivnost je imala i svoje pozitivne efekte, od kojih je za ovo razmatranje najvažniji da je forsirala dalje usavršavanje zaštite od zračenja po svim kanalima kojima ona teče.

To je dovelo ljude iz zaštite u jednu novu situaciju, koja je složenija ali i izazovnija od one u prošlosti. Najviše su promenjeni odnosi između dve osnovne komponente zaštite - stručne i humane. Do nedavna stručnost je dominirala, a humanost je bila privatna stvar zaštitarca, koja je više ili manje uticala pri izboru profesije, ali je bila prigušena pri njenom upražnjavanju.

Jedna velika osobina nekih novih društvenih vetrova je da humane aspekte ne treba prigušivati, već naprotiv treba im pridavati sve veću težinu.

NOVI OKVIRI

Koji su to izmenjeni i povećani društveni okviri u kojima bi mogla da se obavlja aktivnost zaštite od zračenja? Koji su to činioci sa kojima treba interagovati?

Prvo, formalno gledano zaštita se pojavljuje tamo gde se koristi zračenje i kontroliše da li se sve obavlja prema propisima. To je poslednji čin kome prethode i pripremaju ga raniji činovi. U njemu se pojavljuje večita trojka specifična za ovu vrstu radnje: uređaj - propisi - ljudi. Do nedavna uloga zaštitarca najčešće se ograničavala na pasivnu kontrolu, svedenu na ocenjivanje da li scenario udovoljava zahtevima zaštite. Nove tendencije su da se zaštita aktivnije uključuje u pripremu scenarija i pojavljuje u prethodnim činovima.

Drugo, korišćenje izvora zračenja bilo je manje ili više interna stvar korisnika. Kad se predje sa radioizotopa na nuklearne elektrane, ta filozofija se više nije mogla zadržati, ma koliko u tome nastojali nuklearni faktori. Započeo je dijalog između nuklearne elektrane i njene okoline, pokrenut saznavanjem okoline da elektrana predstavlja potencijalnu opasnost. Verovatnoće ozbiljnijih akcidenata su veoma male, ali ipak konačne, a ništa u tom poslu nije nepogrešivo, ni uređaji ni čovek. U toku je stvaranje nove filozofije, što predstavlja jedan složen i dugoročan posao u kome zaštita ima svoje mesto.

UNUTRAŠNJI FAKTORI

Šta je legitimacija zaštitarca, koja mu daje pravo da ide dalje od pasivne finalne kontrole?

(1) On se pojavljuje na licu mesta kad se koristi zračenje, gde mu je osnovni zadatak snimanje radijacione situacije. Iskusnom stručnjaku radijaciono polje može da kaže štošta i o uređaju i onima koji ga koriste. Uvek ima boljih ili slabijih uređaja, boljih ili lošijih operatora. Kontrolor može da se ogra-

niči samo na radijaciono polje i digitalizira svoj zadatak na izricanje ocene: da ili ne. To je neutralan postupak sa minimumom trenja, koji prolazi mirno, ali je pitanje da li donosi i miran san.

(2) Radijacione situacije mogu često da ne budu jednostavne i granica između dopuštenog i nedopuštenog nedovoljno oštro markirana. Nikakav propis ne može da pokrije sve moguće situacije. Tada se zaštitarac može naći u situaciji da bira između dva puta, rutinskog ili kreativnog, puta činovnika ili puta naučnika. Ako odabere ovaj drugi, onda se najčešće radi o nekoj sitnijoj kreaciji, koja često nije dovoljna ni za neki članak u stručnoj štampi, već treba čekati da se nakupi nekoliko povezanih slučajeva. Priroda zaštite je takva da upravo ovakve skromne kreacije predstavljaju njena krila kojima se penje sve više i više. Takvi zaštitarci sakupе jedinstvena iskustva o realnim situacijama.

(3) Iza svake primene zračenja postoje tri interesa različite vrste. Prvi je materijalni interes proizvođača opreme, koji može da varira u veoma velikom rasponu, od proizvođača reaktora do proizvođača radioaktivnog izotopa. Svaki proizvedeni uređaj je rezultat nekog kompromisa, što važi utoliko više, ukoliko je uređaj složeniji. Nema ga koji se ne bi mogao usavršiti sa više sredstava i vremena. To košta proizvođača, i on obično usavršava samo kad je nateran na to ili kad mu druga strana to plaća, kao što je slučaj u vojnom sektoru. Svaki iskusan korisnik instrumenata zna da kod njih ima dizanja, padova i stagnacije. Drugi i drugačiji interes se susreće kod korisnika opreme, kome je stalo da obavi posao koji je programirao. I tu se pojavljuje kompromis, ovaj put između opreme koja mu se nudi i sredstava sa kojima raspolaže. Jedna druga vrsta interesa stoji iza koncepta onog što treba uraditi sa uređajem, bilo da je u pitanju eksperiment, kontrola proizvoda ili proizvodnja nečega. Svakome je stalo da svog koncepta. Konačno, treći, drugačiji interes se pojavljuje kod onih koji stoje iza propisa, jako vidljivih u nekim zemljama kao što je SAD, Francuska ili Velika Britanija, manje vidljivih u drugim, ili potpuno zamaqljene odgovornosti kao što je to kod nas. Svaki propis je takodje kompromis.

Iskusan zaštitarac vidi sva tri interesa i njihove kompromise, a etika njegovog poziva zahteva da ostane neutralan prema

njima. Kad u tome uspe, kao što više ili manje uspeva većina, onda je oslobođen slepila koje donosi interes i emotivna veza. Ono što on vidi i zaključuje je njegova legitimacija. Od njega zavisi šta će sa time da uradi.

ODNOS STRUČNO-HUMANO

Rekli smo da se stvara atmosfera za izmenu odnosa između stručne i humane komponente, u prilog ove druge. Pošto je nuklearna tehnologija privilegija razvijenog sveta, reč će biti samo o njemu. Ceo koncept humanosti inače dobiva drugu sadržinu, kad je u pitanju nerazvijeno siromaštvo Gornje Volte, ili nekih predgradja Kaira i Kalkute.

Ne postoji iole kompletnije objašnjenje dinamike savremenog razvijenog sveta, već su samo na raspolaganju bezbrojne parcijalne teorije, teorijice i uspavanke, koje se najčešće međusobno ne slažu. U takvoj situaciji bolje je ostati na empirijskom nivou i pojavama koje su nam pred očima:

(1) Osnovna materijalna karakteristika je da nekadašnja većina koja je teško živela sada je postala manjina. Iako su relativne razlike ostale, donji nivo se toliko podigao da većina živi nesrazmerno bolje nego u prošlom veku. U toj većini koja nije totalno opterećena životnim brigama, stvoreni su uslovi da se pažnja obrati pojavama koje nisu od prvorazrednog materijalnog interesa, ali se tiču života. Došlo se, kako bi to fizičari rekli, do veličina drugog reda. Jedna od njih je životna sredina u najširem smislu reči.

(2) Masovnost školstva i sredstava informisanja totalno su izmenili nivo obrazovanosti i informisanosti većine. Mi živimo u jednom kvalitativno drugačijem svetu od onog iz prošlog stoljeća. Nestao je jaz informacija između vođja i vođenih. Starim odnosima prilagodjeni politički mehanizmi dolaze u teže situacije. Jedan izrazit primer tog novog trenda je stranka zelenih u SRN. Faktori drugog reda su se probili do politike. Oni su ostali drugorazredni, ali više nisu zanemarljivi.

(3) U tom svetu više nema autoriteta. Današnji trenutak nema ni svog filozofa, ni ideologa, ni spisatelja. Brzo se stiže

na svetsku pozornicu i još brže nestaje sa nje. Kritičnost je postala simbol jedne vrste oslobadjanja od nekad vladajućeg glajhšaltovanja. To je poremetilo one vrste odnosa koji su zasnovani na autoritetu, redu i disciplini. Ni činovnik nije više što je nekad bio.

Iz ove tri savremene pojave proizilazi da su do nedavna sekundarni problemi životne sredine dobili u opštoj važnost, da su ušli na mala vrata u političku arenu, i da se njima i politikom može i mora da bavi i do nedavna totalno bezbojni činovnik. Sve to zajedno predstavlja jedan skroman ali čvrst prodor u zabran koji je uvek pripadao vodećim društvenim snagama, bilo o kojem društvu da se radilo.

Treba pomenuti da socijalizam, pošto se izvorno razvijao samo u nerazvijenim zemljama i borio protiv prevlasti razvijenih, nije stigao da obrati pažnju na ono što predstavlja faktore drugog reda. Dovoljno je pomenuti društvene aspekte nauke, ili univerzitet, koji su prihvaćeni onakvi kakvi su postojali u kapitalizmu. Isto se dešava i sa fabrikom, koja dimi kao i pre, a tek najnoviji objekti raspolažu uređajima za prečišćavanje.

U konceptima o nuklearnoj tehnologiji sledili smo kao djaci one najrazvijenije, ne znajući uvek šta primamo. Sadašnja kriza nuklearne energije u SAD dobro nam je došla kao korektiv, još uvek pravovremen, jer smo izgradili samo jednu elektranu. Iz te krize ima zaista šta da se nauči.

TEHNOLOŠKE BOLESTI

Nauka i tehnologija su prouzrokovale izvesnu smenu bolesti. Nauka je kroz medicinu sasekla tradicionalne infektivne i hronične bolesti, ali je kroz tehnologiju uvela druge bolesti, koje bi se mogle nazvati tehnološkim. Sve to počinje da dobiva zamah u Industrijskoj revoluciji, iako su nesumljivo neke od njih postojale i pre, jer je i rudarstvo i korišćenje uglja dosta staro. U kasnijem periodu Industrijske revolucije počinje da im se priključuje hemijska industrija, a novije vreme simbolizuje nafta i sve ono što je vezano za nju. Kad se zračenje priključuje tom klubu tihih trovača, on već ima dugu tradiciju i interna pravila nedo-

stupna javnosti. Neka od tih pravila su:

1. Nova tehnologija donosi nove rizike za zdravlje i život. Nikad takav rizik nije sprečio uvođenje nove tehnologije.

2. Riziku je izložen radnik, i neretko njegova porodica u obližnjem naselju. Gazde su daleko.

3. Ozbiljnost opasnosti za zdravlje se realizuje vrlo sporo, najčešće kad se tehnologija već uspostavi i učvrsti, tako da se nema kud.

4. Neznanje i neimaštinja pomažu da se sporije sazna opasnost i da se prihvata rizik.

Sva ova klubska pravila važe i za nuklearna zračenja, sa neizbežnim nijansama i razlikama, naročito u četvrtom pravilu koje će nas posebno interesovati. Pre nego što predjemo na to, treba pomenuti bitne razlike između nuklearne i prethodnih tehnologija:

(1) Nikada ni jednu drugu tehnologiju nije stvarala kvalitativno i kvantitativno jača grupa naučnika nego što je bio slučaj sa nuklearnom. Ona je najkompletnije mogla da sagleda i dobro i zlo nove tehnologije, njena oba Janusova lica.

(2) Ni jedna tehnologija nije imala ni približno tako veliku razliku između pozitivnog i negativnog potencijala.

(3) Jedan vid negativnog potencijala, onaj najstrašniji je demonstriran u Hirošimi.

Posledica ovih uslova je da se nikada zaštititi od opasnosti koju donosi nova tehnologija nije ni približno posvetilo toliko pažnje kao nuklearnoj. Može se reći da je nuklearna zaštita povlašćena među zaštitama. Ona obično dobiva nesrazmerno više sredstava, veću pažnju zakonodavca, i što je veoma važno, veću pomoć nauke. Opšta je ocena da, iako je radijacija kao uzročnik bolesti skorašnji fenomen, o tome se više zna nego o nekim hemijskim uzročnicima koji su stariji i šire prisutni.

Treba napomenuti da period povlašćenosti nuklearne zaštite počinje tek u njenoj trećoj fazi, od 1950. godine, i relativno je kratak ali ipak bogat rezultatima.

NEKI ZAKLJUČCI

Zaštita od zračenja se nalazi pred ekspanzijom svih dimenzija koje bi trebalo da pokriva. Danas, više nego ikada, u prvi plan se isturaju njene večne dileme: (1) Sprovođenje propisa ili i njihovo menjanje zasnovano na iskustvu sprovođenja, i (2) Pasivni servis ili aktivni, dinamički servis spregnut sa istraživanjem. Tim starijim dilemama zaštite sada se pridružila pojačana društvena dimenzija, koja veoma komplikuje ukupnu problematiku. Ona pored ostalog izvlači u prvi plan i edukativnu ulogu, koja je do sada bila usko ograničena na stručne korisnike zračenja. Sa elektronomama, korisnik postaje celo društvo, i pitanje je šta predstavlja objektivnu, efikasnu i prihvatljivu edukaciju društva. U svakom slučaju treba da se koriste i odgovarajuće forme akcije i iznalaze nove. Moglo bi se tvrditi da savremeno tehnološko društvo još nije razvilo adekvatne metode zaštite, već se one krpe na staru odeždu. Nismo čak ni sigurni, niti saglasni, kako bi one trebalo da izgledaju.

Konkretno gledano, za nas je zaštita počela od radijumskog izvora u "Hladnjači" Vinče, preko akceleratora i reaktora do radioaktivnih izotopa, čija upotreba se još uvek povećava. U početku, neke od nas, uključujući i pisca ovih redova, nije mimoišlo "junačenje", kad se jednostavno nije mislilo na zaštitu. Danas već krećemo sa nuklearnim ciklusom, jer prva elektrana je gotova, a uskoro i prvi rudnik ulazi u pogon. Treba već misliti na konačno odlaganje isluženog goriva, problem koji još nije rešen nigde u svetu i predstavlja jednu od najvećih mrlja na savesti dosadašnjih rukovodilaca nuklearne energije (ne računajući, naravno, nuklearno oružje). U planu je izgradnja novih nuklearnih elektrana. Sve to ima svoju cenu i nosi neki rizik koji se ne sme prikrivati od društva, a takvih tendencija ima svugde u svetu kod onih koji grade nešto novo i veruju u ono što rade.

Zaštita mora stići svugde gde je potrebna, ostajući neutralna i objektivna, svesna da je budućnost na njenoj strani. Sa druge strane, na tome i društvo polaže svoj ispit, jer uopšte gledano, bez zaštite, društvo nije društvo.

Abstract.- The effect of the rise of citizen's interest for radiation protection is considered, especially how it affects the work of protection services.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

P.S. Bojović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

JOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

"Zastita", p.fah 522., 11001 Beograd

OSNOVA METODE ZA OCENE

ZAŠTITE OD ZRAČENJA

REZIME U radu su ukratko izloženi razlozi da ocene zaštite od zračenja u nas postanu stalna praksa, bilo da se radi o oceni celine zaštite ili njenih većih ili manjih delova.

Navedeni su mogući predmeti ocene, kao i namena dobijenih rezultata. Navedeni su neki preliminarni ciljevi zaštite; ukazano je na potrebu realističkih ciljeva i strategije razvoja kao osnova za potrebne analize i ocene.

Opisana je osnova metode koja se zasniva na dobijanju ocene uporednom analizom "domaćeg stanja" zaštite i "stanja u svetu" za dati izvor, ili kategoriju izvora zračenja. Na kraju, opisan je potreban grafički model, koji je osnova metode.

I RAZLOZI ZA OCENE

Postoje na spoljnjem i unutrašnjem planu mnoge okolnosti i pojave koje predstavljaju ozbiljne razloge i upućuju na potrebu da se u nas ocenjuje zaštite od zračenja, bilo u celini ili u delovima. Ocene se moraju zasnivati na solidnim i stručnim analizama, a rezultati moraju imati punu upotrebnu vrednost višestruke namene, za kratkoročni i dugoročni period.

Od većeg broja razloga korisno je ovom prilikom pomenuti sledeće:

1. Čovečanstvo i naše društvo, ceneći današnji stepen ukupnog razvoja i potreba savremenog života, ne mogu se odreći ekonomičnog i perspektivnog korišćenja nuklearne energije, radioaktivnih izotopa i zračenja u mirnodopske svrhe, niti nekih klasičnih tehnologija iz kojih takodje rezultuje rizik ozračivanja stanovništva.

2. Progresivne snage u svetu nisu još uspele u borbi za nuklearno razoružanje niti za prekid proizvodnje i razvoja nuklearnog oružja.

Svedoci smo utakmice super sila u svim domenima nuklearnog naoružanja, a takodje i pojave da i sama egzistencija nuklearnog oružja predstavlja značajnu opasnost za mnoge zemlje na čijoj se teritoriji, ili u susedstvu, nalaze stokirana ova oružja.

3. Procesi stabilizacije i ekonomski faktori moraju postati prvo-razredni imperativ i u ovoj oblasti, što znači ugradnju domaćih znanja, iskustava i opreme, a takodje i objektivnu pretenziju izvoza.

4. Zaštita od zračenja razvijala se u nas bez odgovarajućih analiza i ocena, pa nije na nivou savremenih potreba niti na dometu sopstvenih kadrovskih potencijala i dostignuća; nije osposobljena da koristi mnoga domaća i strana naučno-tehnička saznanja i iskustva, niti može u svemu da prati odgovarajuća društvena opredeljenja.

5. Postoji velika verovatnoća da se bez solidnih analiza procena, zaštita od zračenja razvija dalje u dva dijametralno suprotna, ali podjednako opasna smera:

- da se predimenzioniše i društvo izloži visokim i nepotrebnim troškovima, a zaštita nije jeftina,

- da se potceni i društvo ostane bez adekvatnih mera za koje ima ekonomskih mogućnosti, kadrovskih i materijalnih potencijala.

II PREDMET OCENA

Predmet ocene može biti zaštita od zračenja u celini, skup mera za intervenciju, kadrova, dozimetrija zračenja, regulativa, ili informisanje javnosti. Za celinu ili deo zaštita od zračenja može se ceniti aktuelno stanje, organizovanost, upotrebna vrednost i eksploatacija dobijenih rezultata, planiranje i programi razvoja.

Za ocenu stanja zaštite od zračenja potrebno je imati realističke ciljeve zaštite, a za ocenu programa razvoja, mora se imati okvirno utvrđena strategija i politika razvoja; takodje, moraju se navesti oblasti namene rezultata koji će se dobiti potrebnim analizama i ocenama.

Osnov za sve ocene su realistički ciljevi zaštite od zračenja u nas, a oni se mogu dobiti postavljanjem preliminarnih ciljeva i ocenom istih snimanjem stava, analizom i sintezom dobijenih rezultata /1/.

Preliminarna ciljevi postavljaju se za period od 5 do 10 godina, a na bazi opštih potreba i ocene postojećih i perspektivnih mogućnosti sopstvenih potencijala; poseban značaj imaju faktori ekonomskog,

odbrambenog i političkog karaktera.

Neki opšti preliminarni ciljevi dakle, ciljevi za analizu i ocenu mogu se iskazati sledećim stavovima:

1. Zaštita od zračenja je kompleksna delatnost koja služi:

a) u normalnim situacijama da stvara uslove i omogućuje bezbedno korišćenje izotopa i zračenja, kao i bezbedan rad nuklearnih elektrana i drugih objekata nuklearne tehnologije, redukujući pri tom ozračivanje profesionalaca, stanovništva i okoline do granica doza za koje se naše društvo opredeli saglasno svojim potrebama i faktorima ekonomskog, političkog i socijalnog karaktera,

b) u akcidentalnim i vanrednim situacijama da brzo i efikasno interveniše u cilju smanjenja neposrednog ozračivanja stanovništva; da obezbedi dekontaminaciju ljudi i materijalnih dobara, kao i preuzimanja pravovremene brige nad ozračenim osobama.

Dakle, osnovni cilj zaštite od zračenja nisu restrikcije i zabrane, nego mere i aktivnosti koje će našem društvu obezbediti željeni faktor sigurnosti pri korišćenju nuklearnih tehnologija, od kojih sve više zavise savremena medicina i privreda, a naročito proizvodnja energije. U akcidentalnim i vanrednim situacijama, cilj je ukupna intervencija, a ne samo konstatacija opasnosti ili neka parcijalna mera.

1. Zaštita od zračenja u nas mora se koncipirati kao jedinstvena tehnološka celina, bez obzira na organizacione forme, na regionalne, regulativne, stručne i druge osobenosti. Za sve domene, tehnologije i druge potrebe zaštite, moraju se na najbolji način koristiti strana i domaća znanja i iskustva iz oblasti biomedicinskih, fizičko-kemijskih i tehničko tehnoloških nauka i praksa, a naročito kod procena opasnosti, aktivnih mera, kontrole i razvoja. Ovaj pristup odgovara konceptu reprodukcioni celina u privredi. Mada je materija dosta šira zbog karaktera problema i načina njegovog rešavanja.

2. Organizacija, metode, kontrola, zatim kadrovski, materijalni i drugi potencijali formirani za normalne okolnosti, moraju biti osposobljeni za brze intervencije i ostala dejstva u raznim akcidentalnim i vanrednim situacijama. Ovako koncipirana zaštita je izvanredan faktor sigurnosti u našem društvu, jer u složenim akcidentalnim i vanrednim situacijama dragoceni su oni potencijali koji su već imali "susrete" sa raznim izvorima zračenja.

3. Mirnodopska nuklearna tehnologija i nuklearna oružja zasnivaju se na krajnjem dometu savremenih naučnih i tehnoloških dostignuća,

pa se i za zaštitu od zračenja moraju angažovati odgovarajući nivoi nauke i tehnologije.

4. Sistem za zaštitu od zračenja u nas mora se zasnovati na ukupnom dometu znanja i mogućnosti, koja su u nas na zavidnom nivou.

5. Materijalni potencijali sistema, tj. oprema i ostalo, moraju se maksimalno bazirati na domaćoj proizvodnji.

6. Ceni se danas u svetu da su ukupni nuklearni potencijali mnogih zemalja značajan faktor njihovih pozicija na tehnoekonomsom, političkom i stratezijskom planu; isto važi i za odnose blokova, a takođe i za odnose razvijeni svet-zemlje u razvoju. Ima osnova za pretpostavku da i zaštita od zračenja može postati značajan faktor sličnog karaktera, ali i faktor progresa i sigurnosti zemlje, koji je toliko potreban na današnjem stepenu razvoja nuklearne tehnologije. Sa ovoga razloga, a naročito zbog mesta i uloge naše zemlje u svetu nesvrstanih, jedan savremeni sistem za zaštitu od zračenja najkraće rečeno bio bi višestruko značajna referenca za naše društvo. Ovaj sistem imaće, nesumnjivo, najveći značaj kao faktor sopstvene sigurnosti, a biće značajan i kao predmet izvoza u kome će dominirati sinteza znanja, domaće proizvodnje i iskustva, što u nas dobrim delom postoji što treba integrisati i organizovati, a što je poseban kvalitet u ovoj oblasti.

III OSNOVA METODE

Zaštita od zračenja u celini, segment, ili deo zaštite, moraju se analizirati i ceniti za konkretan izvor zračenja, za grupu izvora ili sve izvore koji postoje, koji su planirani, koji mogu dospeti na delove naše teritorije u bilo kojim okolnostima ili putevima.

Ocena zaštite nezavisno od izvora svodi se na utiske, strah ili druge iracionalne kategorije, što je nedovoljeno pored mogućnosti koje danas postoje. Jasno, ako nema izvora zračenja, nema opasnosti ozračivanja, pa zaštita od zračenja nije potrebna.

Ocena zaštite ili njenog dela za određenu vrstu ili grupu izvora zračenja, dobija se uporednom analizom "domaćeg stanja" i "stanja u svetu" za istu vrstu ili grupu izvora zračenja. "Stanje u svetu" nije strogo određena kategorija, već, prema potrebi, može biti opšte stanje zaštite u svetu, mogu biti preporuke IAEA, ICRP, OECD ili drugih međunarodnih organizacija, ili stanje u nekoj zemlji koja je izabrana

ABSTRACT

This paper considers necessity for a permanent evaluation of the state of art of the radiation protection as a whole as well as of its smaller or larger parts.

Possible subjects of evaluation are given, together with possible use of the obtained data; Some of the preliminary radiation protection goals are given too. Necessity of realistic goals as well as the existence of development strategy as a base for analysis and evaluation is pointed out.

A method of evaluation is described, which is based on parallel analysis of "the domestic state of art" of protection and "the world state of art" for a given source, or a type of the radiation source.

At the end a nesseray graphical model, which is the base of the whole method, is described.

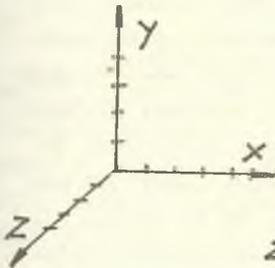
LITERATURA

1. P.S.Bojović

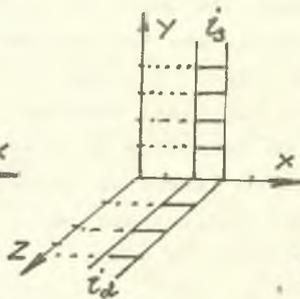
"Projektovanje ciljeva i programiranje razvoja sistema za zaštitu od zračenja", X Simpozijum Jug.društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac, 29-01.06.1979.g.

2. P.Bojović, M.Vidmar

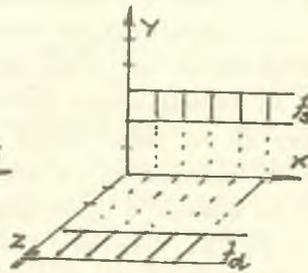
"Prilog rasmatranju potreba i sadržaja rada jednog koordinacionog tela ili organa uprave zaduženog za poslove zaštite od zračenja, Radovi VII Jug.simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari, 1973.g.



se.1



se.2



se.3

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

M.M.Ninković, J.Vujić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, Beograd

PREDLOG NAZIVA I BLIŽE DEFINICIJE
SI-JEDINICE ZA EKSPOZICIONU DOZU

REZIME Polazeći od činjenice da od svih jedinica za radijacione veličine u SI-sistemu, samo jedinica za ekspozicionu dozu nije dobila ime, u ovom radu predlaže se njen naziv, oznaka i bliza definicija. Uporedo sa tim dati su odnosi nekih radijacionih veličina za α i γ -zračenje u vazduhu kao i faktori za preračunavanje vansistemskih u SI-jedinice.

1. UVOD

Generalna konferencija za mere i tegove usvojila je kao što je poznato, 1960 godine Medjunarodni sistem jedinica (System International). Ovaj merni sistem ustanovljen je na osnovu MKSA, odnosno Djordjijevog sistema, kome su pridodate tri nove osnovne jedinice: kelvin, sveća i mol. Osnovno preimudstvo novog nad ranije korišćenim sistemima je njegova koherentnost, što znači da se sve izvedene jedinice dobijaju kombinacijom osnovnih bez korišćenja multiplikacionih faktora različitih od jedinice. Ovako izvedene jedinice mogu se onda koristiti za formulisanje novih jedinica. Naprimer izvedena SI-jedinica za brzinu je jedan metar po sekundi, a za ekspozicionu dozu jedan kulon po kilogramu. Za neke od izvedenih jedinica Generalna konferencija je usvojila specijalne nazive, naprimer džul za $(N \cdot m)$, ili grej za $(J \cdot kg^{-1})$. Primena SI-sistema na područje radijacionih veličina /1/ dala je efekte koji se mogu videti u tabeli 1.

Kako se iz tabele 1 može videti sve SI-jedinice za radijacione veličine, izuzev ekspozicione doze, dobile su posebne nazive i oznake. Isto tako može se zapaziti da se rentgen kao jedinica gubi iz upotrebe, iako je to prva radijaciona jedinica koja se koristi u praksi više od 50 godina kao takva ima i čisto istorijski značaj. Imajući

Tabela 1. Efekat primene SI-jedinica na radijacione veličine /2/

Veličina	Jedinica izražena u SI-jedinicama	Naziv i oznaka nove jedinice	Stara specijalna jedinica i oznaka
Ekspoziciona doza	C/kg	-	rentgen (R)
Apsorbovana doza	J/kg	grej (Gy)	rad (rad)
Ekvivalentna doza	J/kg	sivert (Sv)	rem (rem)
Aktivnost	s ⁻¹	bekerel (Bq)	kiri (Ci)

to u vidu, kao i činjenicu da je rentgen i do sada nekoliko puta redefinisano, ali nije odbacivan, došli smo na ideju da predložimo redefiniciju rentgena, kao jedinice za ekspozicionu dozu u SI sistemu, i njegovo dalje korišćenje u praksi ali pod novim nazivom i oznakom, kao što sledi iz daljeg teksta.

2. ISTORIJA RENTGENA

Prvu radijacionu jedinicu sa nazivom **r e n t g e n** i oznakom "r" definisala 1928 godine Medjunarodna komisija za radijacione jedinice na sledeći način /3/: "Ova medjunarodna jedinica predstavlja količinu X-zračenja koje, kada se sakupe svi sekundarni elektroni i odstrane efekti zidova komore, proizvede po 1 cm³ vazduha pod normalnim uslovima (0°C i 76 cm Hg) takav stepen provodljivosti da se u uslovima saturacije sakupi jedna elektrostatska jedinica naelektrisanja." Bez obzira na nezgrapnost ove definicije i njene nedostatke /4/, ona je predstavljala značajan korak u razvoju radijacione fizike i tehnike.

Desetak godina docnije, 1937 ICRU daje novu definiciju rentgena /5/, u kojoj se po prvi put pominje i reč **d o z a** a korišćenje rentgena proširuje i na gama zračenje. Medjutim ostaju neke neodređenosti iz prvobitne definicije i čak povećava zbrka u pogledu veličine čiju jedinicu predstavlja. Ovaj problem se razrešava tek 1956 godine, kada ICRU uvodi pojam nove radijacione veličine pod nazivom **e k s p o z i c i o n a d o z a** /6/. Ova veličina se definiše na sledeći način: "Ekspoziciona doza X i gama zračenja na posmatranom mestu predstavlja dejstvo zračenja koje se zasniva na njegovoj sposobnosti da proizvodi jonizaciju (u vazduhu)." Zatim se daje nova definicija rentgena, kao jedinice za novouvedenu veličinu, koja je praktično identična sa prethodnom iz 1937 godine i glasi: "Jedan rentgen je ekspoziciona

se ove dve jedinice, kako ćemo videti bitno razlikuju po numeričkim vrednostima. Sledajući dalje u budućnost, ako se zadrži korišćenje ekspoziционе doze kao radijacione veličine, reč "novi" iz naziva rentgena, bi se mogla ispustiti u onom trenutku kada se "zaboravi" stara definicija i vrednost i ponovo vrati u upotrebu prvobitni naziv i oznaka. Razlozi za korišćenje reči "novi" u ovom trenutku su razumljivi, a isto tako i slova "N" uz oznaku rentgena r. Povoljna okolnost u tom pogledu je i činjenica da reč novi u većini svetskih jezika, počinje slovom "n" (engleski - new, ruski - novij, francuski - nouveau, nemački - neu, italijanski - nuovo, srpsko-hrvatski - novi itd.).

Definiciju novog rentgena izvešćemo na sledeći način: polazeći od definicije ekspoziционе doze X:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} / \frac{C}{kg} / \dots\dots\dots (1)$$

i izracunavajući broj jonskih parova Δn , koji odgovara količini naelektrisanja od jednog kulona - $\Delta Q = 1C$, odnosno:

$$\Delta n = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{1}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ pari jona} \quad (2)$$

gde je e-naelektrisanje elektrona novi rentgen možemo definisati kao:

"Ekspoziционu dozu od jednog novog rentgena /Nr/ proizvodi X ili gama zračenje koje u 1 kg vazduha pod normalnim uslovima stvori količinu naelektrisanja jednog znaka od 1C, odnosno odgovarajući iznos od $6,24 \cdot 10^{18}$ pari jona"

odnosno:

$$1 \text{ Nr} = 1 \frac{C}{kg} \dots\dots\dots (3)$$

Prema tome novi rentgen kao jedinicu za ekspoziционu dozu uveli smo na način kojim ništa ne menjamo u koncepcijama radijacionih SI-jedinica, odnosno analogno greju i sivertu. Mislimo da na ovaj način defakto, davanjem imena i oznake SI-jedinici za ekspoziционu dozu, olakšavamo njenu primenu u praksi sa jedne strane i ispunjavamo jedan istorijski dug prema Konradu Rentgenu.

4. ENERGETSKI EKVIVALENT JEDINICE EKSPOZICIONE DOZE

Energetski ekvivalent jedinice ekspoziционе doze f, definiše se sledećim odnosom:

$$f = \frac{D}{X} / \frac{\text{Gy}}{\text{Nr}} / \dots \dots \dots (4)$$

i zamenjujući izraze za apsorbovanu dozu D i ekspozicionu dozu X, dobija se:

$$f = \frac{\Delta E / \Delta m}{\Delta Q / \Delta m} = \frac{\Delta E}{\Delta Q} \dots \dots \dots (5)$$

kako je energija koja se apsorbuje u masi Δm vazduha pri interakciji sa fotonskim zračenjem jednaka proizvodu broja nastalih jonskih parova Δn , i srednje energije potrebne za formiranje jednog jonskog para W , sledi:

$$f = \frac{\Delta n \cdot W}{\Delta Q} \dots \dots \dots (6)$$

i uzimajući u obzir (2), dobija se

$$f = \frac{W}{e} \dots \dots \dots (7)$$

Zamenom numeričkih vrednosti za $W=33,7$ eV / e^- / i e , dobija se konačno numerički podatak za energetska ekvivalent ekspozicione doze:

$$f = 33,7 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 33,7 \frac{\text{Gy}}{\text{Nr}}$$

5. FAKTORI ZA PRERAČUNAVANJE

Veza između rentgena i novog rentgena sledi iz njihove definicije:

$$1\text{R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{Nr}$$

$$1\text{Nr} = 3,88 \cdot 10^3 \text{R}$$

Isto tako jednostavno se određuju konverzioni faktori za preračunavanje ekspozicione doze i jačine ekspozicione doze izraženih u starim, u nove jedinice:

$$X(\text{Nr}) = 2,58 \cdot 10^{-4} X(\text{R})$$

$$X(\text{mNr}) = 0,258 X(\text{R})$$

$$\dot{X}(\text{Nr} \cdot \text{s}^{-1}) = 7,17 \cdot 10^{-8} \dot{X}(\text{R} \cdot \text{h}^{-1})$$

$$\dot{X}(\mu\text{Nr} \cdot \text{s}^{-1}) = 0,717 \cdot \dot{X}(\text{R} \cdot \text{h}^{-1})$$

$$\dot{X}(\text{Nr} \cdot \text{s}^{-1}) = 4,3 \cdot 10^{-6} \dot{X}(\text{R} \cdot \text{min}^{-1})$$

$$\dot{X}(\mu\text{Nr} \cdot \text{s}^{-1}) = 4,3 \cdot \dot{X}(\text{R} \cdot \text{min}^{-1})$$

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu dat je predlog za naziv i oznaku SI-jedinice za ekspozicionu dozu i njena bliža definicija. Osnovni razlog za to bila

je želja autora da se pojednostavi praktično korišćenje ove jedinice sa jedne strane i očuva na neki način istorijski gledano, kontinuitet u definiciji i nazivu prve radijacione jedinice-rentgena. Koliko se u tome uspele pokazaće budućnost, odnosno prihvatanje ili neprihvatanje ovog predloga od strane kompetentnih tela Međunarodne komisije za radijacione jedinice i naučne javnosti u oblasti primene i zaštite od zračenja.

ABSTRACT

EXPOSURE SI UNIT-SUGGESTION FOR NAME
SYMBOL AND DEFINITION

According to the fact that exposure SI-unit doesn't have name and symbol yet, suggestion for that and better definition are given in this paper. Relation between some radiation quantities for X and gamma rays in the air and conversion factors among the old and new units are given also.

REFERENCE

1. Bureau International des Poids et Mesures, Le Systeme International d'Unites, BIPM, Sevres, 1977.
2. Burns E.J., The new SI-units-problems of conversion, International Symposium on advances in Radiation Protection monitoring, IAEA-SM-229/27, Stockholm, June 1978.
3. Greening R.J., Fundamentals of Radiation Dosimetry, Adam Hilger Ltd., Bristol, 1981.
4. Roesch, W.C., Attix F.H. (ed.), Radiation Dosimetry, Vol. I, p. 7-8, Academic Press, New York, London, 1968.
5. ICRU (1938), British Journal of Radiology, 10, 438.
6. ICRU (1957), Report 8, Washington DC, ICRU Publications
7. ICRU (1968), Report 11, Radiation Quantities and Units, Washington DC, ICRU Publications
8. ICRP Publication 26, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annuals of the ICRP 1 (1977), Pergamon Press, Oxford, 1977.
9. ICRU Report 33, Radiation Quantities and Units, Washington, 1980.
10. ISO 31/10, Quantities and Units of Nuclear Reactions and Ionizing Radiations, Second Edition, 1980.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZASTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

M. Žarić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOJUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

ISTRAŽIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆEG I NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA
 U OKVIRU "PROGRAMA NAUČNOISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI NA ZASTITI
 I UNAPREĐJIVANJU PRIRODE I ČOVEKOVE SREDINE U SR SRBIJI"

REZIME. Daje se kratak prikaz delatnosti realizovanih u sklopu multidisciplinarnog projekta "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja" u toku dvogodišnjeg perioda (1981. i 1982.god.). Izvršena istraživanja obuhvatila su problematiku grupisanu u sedam oblasti, definisanih programom rada za dati period. Istraživane oblasti obuhvatile su dozimetriju zračenja u životnoj sredini, biomedicinske probleme zračenja, radionuklide u životnoj sredini, rizik i zaštitu kod animalne proizvodnje, probleme tehničke, medicinske i biološke zaštite, radioaktivne otpadne materijale u životnoj sredini i pitanja narodne odorane, vanrednih situacija i akcidenata.

Multidisciplinarni projekat "Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja" postoji šest godina i osnovni podaci o njemu su dati u radovima referisanim na prethodna dva simpozijuma^{1.)} Predmetno izlaganje odnosi se na period 1981.-1982.god. i cilj izlaganja je da se prikaže proučavana problematika, sa željom da ista posluži za šire kontaktiranje i koordinaciju rada svih zainteresovanih u datim oblastima.

Rad u oblasti dozimetrije zračenja i životne sredine bio je usmeren u tri pravca: određivanja doze zračenja za stanovništvo kod medicinske rentgen dijagnostike, određivanja apsorbirane doze zračenja od radionuklida u ljudskom telu i razvoj potrebnih mernih metoda i tehnika.

Doze zračenja od medicinske rentgen dijagnostike određivane su za područje istočne Srbije i za oblast Kragujevca. Nadjeno je da

genetski značajna doza za područje istočne Srbije od rentgen dijagnostike, iznosi 650 ± 130 μSv (za 1980.god.) dok za oblast Kragujevca iznosi 337 ± 69 μSv odnosno 437 ± 81 μSv za muškarce i 215 ± 55 μSv za žene (za 1981.god.). Ispitivanja su obavljena prema metodici predloženoj od strane MKRZ.

Apsorbovana doza zračenja od radionuklida u ljudskom telu, ^{40}K i ^{137}Cs , za stanovništvo beogradskog regiona, određivana je na grupnom uzorku iz koga su bile isključene osobe koje su mogle da dođu u dodir sa radionuklidima - profesionalci i osobe tretirane radioizotopima. Za ispitivani period, jačina apsorbovane doze zračenja od ^{40}K iznosila je $2 \pm 0,2$ $\mu\text{Sv/s}$ a od ^{137}Cs $0,64 \pm 0,03$ $\mu\text{Sv/s}$. Istaknuto je pitanje ravnoteže ^{137}Cs u biosferi uključujući i čoveka. Izvršena je i procena apsorbovane doze zračenja koju primi celo telo od ^{14}C i ^3H .

Za određivanje doze od spoljašnjeg ozračivanja, od radioelemenata uranovog niza, sadržaj urana je određivan pomoću polikarbonatnih trag-detektora tj. merenjem broja fisionih tragova nastalih $^{235}\text{U}(n,f)$ reakcijom sa termalnim neutronima. Metoda je primenjena za određivanje srednjeg sadržaja urana u uzorcima zemlje i u veštačkom đubrivu. Na osnovu dobijenih podataka, procenjena je doza na 1 m od površine zemlje. Metoda se odlikuje nizom prednosti. Osim navedenog, radjeno je na problematici primarnih i radnih etalona za ekspozicione i apsorbovane doze X i gama zračenja. Definisane su karakteristike jonizacione komore sa šupljinom u relaciji uslova primene i karakteristike mernih sklopova, tako da su realizovane podloge za konstrukciju određenog tipa komore.

Proučavanje biomedicinskih problema zaštite od zračenja obuhvatilo je genetske, somatske i embriogene efekte jonizujućih zračenja na ljudima i životinjama.

Kompleksna izučavanja na ljudima vršena su na grupi profesionalno izloženoj otvorenim izvorima zračenja i odnose se na istraživanja somatskih postiradijacionih efekata. Ispitivanja su obuhvatila analizu morbiditeta, kompleksa hematoloških promena, korelacija sa promenama u drugim sistemima i probleme diferencijacije ostalih uticaja, prisutnih u životnoj sredini, uključujući i stres reakcije. Istraživanja treba da omoguće poboljšanje dijagnostike i prognoze postiradijacionih oštećenja.

Ispitivanja somatskih, genetskih i embriogenih efekata zračenja na životinjama, odnose se na pojave uspostavljanja hematopoeze ozračenih životinja; na izučavanje efekata zračenja u prisustvu hemijski definisanih supstanci i bez njih na pr. na indukciju recipročnih

hromozomskih translokacija ili indukciju dominantno letalnih mutacija; na ispitivanje delovanja radionukleotida i sl. U toku poslednje dve godine radjeno je i na ispitivanju delovanja jonizujućih i nejonizujućih zračenja na bakterijske sojeve sa različitim potencijalom reparacije. Dobljeni rezultati predstavljaju doprinos u oblasti radioprotekcije, terapije, biodozimetrije kao i razvoju specifičnih testova.

Od problema u vezi sa prisustvom radionuklida u životnoj sredini, izučavani su alfa emiteri u prizemnom sloju vazduha i stanje jonske ravnoteže kao i relacije u odnosu na radioosetljivost organizama uključujući i čoveka. Započeto je sa radom na izučavanju skrivene alfa energije u prizemnom sloju vazduha, pri čemu je potvrđeno da se skrivena energija alfa zračenja menja sezonski na istoj lokaciji i da zavisi od padavina, temperature i atmosferskog pritiska. U okviru problematike uticaja vremenskih procesa širih razmera na radioaktivnu kontaminaciju prizemnog sloja vazduha, razvijana je metoda analize meteoroloških parametara odgovornih za nivo kontaminacije prizemnog sloja. Na osnovu dobijenih rezultata, relacija relativna vlažnost i koncentracija beta radioaktivnih aerosola, nije značajna, što znači da merenje relativne vlažnosti nije neophodno u sklopu redovne kontrole radioaktivnosti vazduha. Osim navedenog, analizirani su prolasci mlaznih struja nad rečnom Beogradu i prizemne dnevne koncentracije ukupne beta radioaktivnosti vazduha za period od tri godine. Proučavanja imaju za cilj utvrđivanje zavisnosti kontaminacije prizemnih slojeva vazduha radioaktivnim materijama poreklom od nuklearnih eksplozija a u vezi opšte cirkulacije atmosfere i brzine razmene masa između stratosfere i troposfere.

Istraživanja radijacionog rizika i sistema zaštite kod animalne proizvodnje bila su usmerena na sledeće probleme: Radijacioni rizik u industrijskoj proizvodnji živine, u okviru koga su izučavane funkcionalne zavisnosti komponentata koje doprinose ukupnoj beta aktivnosti industrijskih hraniva kao i relacije između ispitivanih karakteristika hraniva i aktivnosti unete u organizam živine, što je omogućilo donošenje zaključaka o radijaciono-higijenskoj ispravnosti hraniva i dozvoljivom riziku. Osim navedenog, ispitivana su živinsko meso i jaja. Nadjene relacije aktivnosti mogu da služe kao pokazatelji za radijaciono higijensku ekspertizu i kao osnove za donošenje normativa.

Radiobiološki efekti na domaćim životinjama proučavani su u odnosu na delovanje citostatika na limfocite periferne krvi svinja u in vitro sistemu. Ispitivani su kolcemid, aleksan i jedinjenje iz grupe

urida-alantoin. Dobijeni rezultati su pokazali da efekat kolcemida zavisi od vremena dođavanja, da neki od citostatika ispoljavaju udruženo štetno delovanje sa zračenjem na limfocite u kulturi, dok alantoin ispoljava zaštitno svojstvo.

Izučavanje radijacionog rizika i zaštite životinja od mikro-talasnog zračenja iz velikih telekomunikacionih sistema vršeno je na teritoriji radarske stanice u selu Prilike. Izučavane su promene kod tri vrste poljskih glodara, ulovljenih na različitim odstojanjima od emitera zračenja. Na osnovu opisanih metoda, utvrđivane su razlike kod osetljivih sistema glodara. Izvesni efekti zapaženi su kod glodara sa teritorije bliže emiteru zračenja a registrovana je takodje i različita osetljivost ispitivanih vrsta. Ova ispitivanja se nalaze u početnoj fazi radi čega dobijeni rezultati imaju preliminarni karakter.

Teničke i tehnološke mere zaštite rasmatrane su putem proučavanja faktora slabljenja širokog snopa X-zračenja, proizvedenog kod različitih napona, za silikatno staklo a radi utvrđivanja mogućnosti primene istog za zaštitu od X-zračenja ekranizacijom kao i kroz proučavanje faktora koji uslovljavaju kriterijume za izbor i utvrđivanje mera zaštite od zračenja kod tehnoloških postupaka. Biotehnički problemi zaštite od zračenja predstavljeni su radovima o protekciji životinja od radijacione bakterijemije kao zaštitne mere u lancu ishrane kao i pitanjima prerade mleka kao postupka za smanjenje beta aktivnosti u proizvodnji kiselo-mlečnih proizvoda. Proučavane problematike imaju pretežno aplikativni karakter.

Rasmatranje radioaktivnih otpadnih materija u životnoj sredini bilo je fokusirano na radioaktivne otpadne materije koje nastaju u toku medicinske primene. Rasmatrana su pitanja usaglašenosti primenjenih postupaka sa postojećim propisima i primenljivost propisa. Pokazalo se da u postojećoj regulativi oblast primene radioizotopa u medicini nije dovoljno regulisana, posebno za deo specifičnog radioaktivnog otpada. Na osnovu preliminarnih merenja, podataka o apliciranim količinama radioizotopa, inostranih i domaćih normativa i raspoloživih podataka o postojećoj i budućoj kanalizacionoj mreži Beograda, došlo se do zaključka da se sadašnji i budući kanalizacioni sistem grada, u principu može upotrebiti kao zajednički sistem za razblaživanje tečnih radioaktivnih otpadaka, koji nastaju posle medicinske primene.

Problemi narodne odbrane, vanrednih situacija, akcidenata i zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja obradživani su sa

gledišta potencijalne ugroženosti teritorije Republike izvorima radioaktivne kontaminacije u uslovima postojećeg i potencijalnog korišćenja izvora zračenja i sa stanovišta ekspertize predmeta veterinarskog nadzora u vanrednim uslovima.

U vezi potencijalne ugroženosti analizirano je postojeće stanje, koje se odnosi na osnovne karakteristike izvora moguće kontaminacije na nacionalnoj teritoriji i van nje. Dat je pregled stanja u pogledu vrste i količina radioaktivnih izvora u sadašnjem periodu kao i procena budućeg stanja. Osim navedenog, izučavan je uticaj distribucije radioizotopa iz Instituta "Boris Kidrič", Vinča, na opterećenost životne sredine Republike.

Na osnovu analize podataka o isporukama i njihovog kretanja, mogao se izvesti preliminarni zaključak o redosledu "opterećenosti" teritorije Republike po predmetnoj osnovi.

Radovi o radijacionoj ekspertizi predmeta veterinarskog nadzora u vanrednim uslovima, odnose se na izučavanje postupaka dekontaminacije svežeg i zrelog mesa životinja prethodno kontaminiranih sa ^{137}Cs . Razvijane su metode kojim se kontaminirano meso neupotrebljivo za ljudsku ishranu, može učiniti upotrebljivim, dekontaminacijom sojinim rastvorima u kombinaciji sa mlečnom kiselinom.

Način obrade materije unutar pojedinih grupa zadataka odgovarao je aktuelnoj fazi rada i predmetnim temama. Kod većine obradivanih tema, osim naučnih rezultata prisutna je i praktična komponenta, koja u pojedinim radovima i preovladjuje.

Najveći deo delatnosti u okviru projekta odnosi se na probleme u vezi sa jonizujućim zračenjem mada se interes za probleme nejonizujućih zračenja širi.

Kao rezultat rada na projektu u proteklom dvogodišnjem periodu oformljeno je 38 naslova.

ABSTRACT

IONIZING AND NONIONIZING RADIATION PROTECTION INVESTIGATION
IN THE SCOPE OF THE SCIENTIFIC-RESEARCH ACTIVITY PROGRAMME
ON THE PROTECTION AND ADVANCEMENT OF THE ENVIRONMENT IN
THE S.R. OF SERBIA

The brief review of the activity conducted through disciplinary project, for the two years period (1981 and 1982.) is given. Realized investigations included seven main fields defined by the working

programme for the mentioned period. The investigated fields are the environmental dosimetry, radiation biomedical problems, radionuclides in the environment, risk and protection in the course of animal production, technical, medical and biological protection problems, radwastes in the environment and problems of the civil defence, emergency and accidental situations.

LITERATURA

1. M. Zarić, Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja u okviru programa naučnoistraživačke aktivnosti na zaštiti i unapređivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji, XI I Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Aranđelovac 1979 i Portorož 1981.

XII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 juni 1983.

S. Lulić

Institut "Rudjer Bošković", OOUR Centar za istraživanje mora Zagreb,
Bijenička cesta 54, Zagreb

ICRP PUBLIKACIJA 30 I JUGOSLAVENSKO ZAKONODAVSTVO

SAŽETAK. Dan je osvrt na granice ozračenja radnika propisane ICRP publikacijom 30 i Pravilnika o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućeg zračenja ne smiju biti izloženi ozračenju (Sl. list SFRJ 27/77). Takodjer su diskutirane promjene u ICRP publikaciji 30 u odnosu na ranije primjenjivanu ICRP publikaciju 2.

1. UVOD

ICRP publikacija 30 Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu (International Commission on Radiological Protection, ICRP) je objavljena u tri dijela, svaki sa dodatkom, i zamjenjuje ICRP publikaciju 2⁽¹⁾, donesenu 1959. godine. Na osnovi preporuke, ICRP 26⁽²⁾, novih podataka o ulasku i izlasku radioaktivnih materijala u čovjeka, tačnijih podataka o vremenu poluraspada zahtijevalo je izdavanje nove preporuke, ICRP 30⁽³⁾. U prvom dijelu opisan je dozimetrijski model i dane su vrijednosti za granice uzimanja radioizotopa 21 elementa. U ovih 187 radionuklida uključuju sva razmatranja najvažnija u radiološkoj zaštiti.

ICRP 2 daje vrijednosti maksimalno dozvoljenih koncentracija (maximum permissible concentration, MPC) u zraku i vodi za oko 240 radionuklida i još za 30 dodatnih radionuklida danih u 1962. godini⁽⁴⁾. Pošto brzina ulaska radionuklida u tijelo varira, propisano je da za svaki kvartal godine (13 tjedana) ne smijeprijeći MPC za 13 tjedana. Radi ovog i drugih razloga su odbačeni i sada se koristi za granice ozračenja radnika radionuklidima, godišnje granice unošenja (Annual Limit on Intake, ALI) ingestijom i anihilacijom, dane ICRP publikacijom 3.

ODNOS ICRP PUBLIKACIJE 30 I JUGOSLAVENSKOG ZAKONODAVSTVA

Dozvoljene granice ozračenja radnika koji rade s izvorima ionizirajućeg zračenja ICRP publikacije 2⁽¹⁾ i Pravilnika o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućeg zračenja ne smiju biti izloženi ozračenju⁽⁵⁾ u toku jedne godine prikazane su u Tablici 1.

TABLICA 1.
Doze unošenja u toku jedne godine

Organ ili tkivo	ICRP 2		YU Pravilnik	
	rem	Sv	rem	Sv
Čitavo tijelo, gonade, koštana moždina [⊠] , leće [⊠]	5	0,05	5	0,05
Koža [⊠] , štitnjača [⊠] , kostur	30	0,30	30	0,3
Drugi organi	15	0,15	15	0,15
Šake [⊠] , podlaktice [⊠] , stopala, i članci	-	-	75	0,75

⊠ - YU Pravilnik.

Dozvoljene godišnje granice ozračenja za čitavo tijelo i pojedine organe nisu se razlikovale u ICRP 2 i YU Pravilniku.

Godišnje granice unošenja radioaktivnih materijala bilo je određeno tako da je računato dozom primljenom unutar 50 godina za pojedini organ (kritični organ). Nije bilo zabrane na primljene doze za druge organe koji su također bili ozračeni. Ovakove propisane doze ozračenja bile su nelogične, odnosno da se odredi ista granica ozračenja čitavog tijela i gonada, što znači da opasnost ozračenja čitavog tijela i gonada je ista. Ovo shvaćanje je bilo uzrokom u malom broju informacija o opasnosti ionizirajućeg zračenja na čovjeka u 1959. godini.

Dobivanjem novih informacija o opasnosti ionizirajućeg zračenja, posebno sa gledišta na opasnost od raka i genetskih efekata, ICRP 26⁽²⁾ vjerojatnost ovih efekata promatra kao funkciju doza izvan praga i nazvana je stohastičkim efektom. Doza za jednolično ozračenje tijela je isto kao dosada, 0,05 Sv u jednoj godini. Vrijednosti dane za opasnost ovih stohastičkih efekata pojedinog tkiva tijela i vrijednosti doze (L) za svako tkivo može biti izveden iz iste granice ozračenja od 0,05 Sv za čitavo tijelo. Vrijednosti ekvivalencije doze (L) dane su u Tablici 2.

TABLICA 2.
Ekvivalent doze (L) koji daje istu opasnost kao
doza od 0,05 Sv za čitavo tijelo

Organ ili tkivo	Sv	L	rem
Gonade	0,20		20
Grudi	0,33		30
Pluća, koštana moždina	0,42		42
Štitnjača, kost	1,67		167
Ostali organi	0,83		83

Znači u ICRP 30, godišnja granica unošenja (ALI) radionuklida je određena na taj način, da ako je D ekvivalent doze tkiva unutar 50 godina, a L odgovarajuća vrijednost iz Tablice 2, suma svih omjera D/L u svim ozračenim tkivima je gotovo jednaka 1.

pošto su na taj način određene vrijednosti ekvivalenta doze L (dane u Tablici 2) kao godišnje granice ekvivalent doza za pojedino tkivo pojedinačno ozračeno, tada one ne mogu biti direktno usporedjivane s vrijednostima iz Tablice 1, a korištene u ICRP 2 i jugoslavenskom Pravilniku. Znači ICRP 30, daje granice ozračenja unošenjem radionuklida za sva tkiva, za razliku od ICRP 2 i jugoslavenskog pravilnika koji daju doze pojedinog organa, premda i brojna druga tkiva mogu također biti ozračena blizu njihovih granica.

Također komparacijom vrijednosti za ALI danih u ICRP 30 i vrijednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije (MPC) iz ICRP 2 i jugoslavenskog Pravilnika o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije⁽⁶⁾ (baziran na ICRP 2) uočavamo razlike. Tako usporedbom 250 vrijednosti za MPC i ALI 50% vrijednosti ALI su unutar faktora 3 starih vrijednosti za MPC. Ostale vrijednosti za ALI su ispod ili iznad starih granica i geometrijske sredine svih omjera starih i novih vrijednosti. Kod nekih radionuklida imamo znatnih promjena, tako npr. za ¹³⁴I vrijednost za ALI je 40 puta veća od vrijednosti za MPC iz ICRP 2, za elementarni tricij u zraku je 300 puta veći od vrijednosti ICRP 2. Vrijednost koncentracije tricijeve vode u zraku je 4 puta manja od vrijednosti za elementarni tricij u ICRP 2.

ZAKLJUČAK

Na osnovi izloženog vidljivo je da Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućeg zračenja ne smiju biti izloženi i Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije treba uskladiti s izmjenama danim u ICRP publikaciji 30.

ABSTRACT

The report regarding limits the exposure of the workers regulated ICRP Publication 30 and the Rule regulating the limits above which the inhabitants and the persons working with the sources of ionising radiation (Sl. list SFRJ 27/77) may not be exposed have been given. The changes in ICRP Publication 30 in relation to the earlier application of ICRP Publication 2 have been also discussed.

LITERATURA

- (1) International Commission on Radiological Protection, 1960, ICRP Publication 2.
- (2) International Commission on Radiological Protection, 1977, ICRP Publication 26.
- (3) International Commission on Radiological Protection, 1979, ICRP Publication 30.
- (4) International Commission on Radiological Protection, 1964, ICRP Publication 6.
- (5) Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućeg zračenja ne smiju biti izloženi ozračenju, 1977, Sl. list SFRJ 27/77.
- (6) Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije, 1979, Sl. list SFRJ 32/79.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Branka Katušin-Ražem, Dušan Ražem, Igor Dvornik
 Branko Briski*

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

*Republički zavod za zaštitu zdravlja, Zagreb

ZAKONSKI PROPISI O ZRAČENJU NAMIRNICA

Očuvanje hrane pomoću ionizirajućeg zračenja dokazalo je svoju tehnološku i ekonomsku opravdanost. Tek potpuna internacionalizacija postupka, međutim, preduvjet je za iskorištavanje svih prednosti koje su moguće, kako u međunarodnom prometu, tako i u gospodarenju hranom u nacionalnim ekonomijama. Nacionalnim zakonodavstvima pružena je pomoć u reguliranju ove materije od strane specijaliziranih agencija Ujedinjenih naroda donošenjem modela relevantnih propisa. Pravo je i obaveza naše zemlje da prihvati navedene propise. Ovaj rad predstavlja diskusiju i komentar Međunarodnog općeg standarda za ozračene namirnice, posebno s obzirom na definiciju ukupne prosječne apsorbirane doze, dozvoljavanja ponovljenog ozračenja, označavanja i drugih tehnoloških i zdravstvenih aspekata postupka.

UVOD

Povijest čovjeka ujedno je i povijest njegova traganja za hranom, kao i njegovih napora da sačuva plodove svoga rada za gladna razdoblja. Mnogo prije nego što je spoznao uzroke kvarenja hrane, čovjek je otkrio načine kako će spremiti hranu da ostane jestiva kroz duže vrijeme. Sve do prošlog stoljeća ti postupci su iskorištavali djelovanje prirodnih procesa (sušenje, soljenje, vrenje, kiseljenje, koncentriranje). Međutim, podvrgavanje hrane režimu koji ne postoji u prirodi pokazalo se efikasnijim: termička obrada u prošlom i radijacijska obrada u ovom stoljeću revolucionirale su tehnike konzerviranja⁽¹⁾.

Uvođenje radijacijske obrade namirnica poklapalo se s općim razvojem nuklearnih tehnika, posebno radijacijske

tehnologije. Istovremeno je raslo nepovjerenje javnosti prema učincima ionizirajućeg zračenja, s jedne strane, i tehničke mogućnosti sve suptilnijih analiza učinaka, s druge strane. Tako je zračenje hrane došlo u poziciju da bude najsvestranije ispitani fizički postupak obrade namirnica, mnogo skrupuloznije nego brojni nasljeđeni konvencionalni postupci.

Zračenje hrane stupilo je na scenu i u vrijeme širenja globalne svijesti o gladi u svijetu i o ogromnim gubicima hrane između žetve i potrošnje do kojih dolazi upravo u krajevima gdje je najpotrebnija⁽²⁾.

To je također vrijeme kad neke agrotehničke mjere dostižu svoje zasićenje i kad je do svijesti došla spoznaja da je smanjenje gubitaka ekvivalentno povećanju proizvodnje⁽³⁾.

Polazeći od stanovišta da je stalna opskrbljenost hranom jedno od osnovnih ljudskih prava, specijalizirane agencije Ujedinjenih naroda počele su razmatrati zračenje kao perspektivnu metodu očuvanja hrane pred više od 20 godina. Do danas je pređen dug put pažljivog eksperimentiranja i svestranog razmatranja rezultata. Procjenjuje se da je samo u SAD utrošeno do sada preko 80 miliona dolara za ta ispitivanja⁽⁴⁾. Ove aktivnosti na međunarodnom planu rezultirale su 1980.g. zaključkom Združenog komiteta eksperata Organizacije za hranu i poljoprivredu (FAO), Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) da zračenje hrane dozom do 10 kGy (1 Mrad) ne predstavlja nikakvu opasnost u ljudskoj prehrani s toksikološkog stanovišta, tj. da se takva hrana može smatrati zdravstveno ispravnom⁽⁵⁾.

Ovaj zaključak otvorio je široke mogućnosti ozakonjenja postupka na međunarodnom planu. Očekuje se da će široki publicitet o radu ovog Komiteta omogućiti svima, a posebno zemljama u razvoju, da donesu propise potrebne za internacionalizaciju postupka, istovremeno izbjegavši prethodna skupa istraživanja. Navedeno zakonodavstvo od koristi je svima jer zračenje namirnica i u razvijenim zemljama ima rezona kao sredstvo za povećanje higijene namirnica, u borbi protiv alimentarnih oboljenja i kao alternativa kemijskim prezervansima i pesticidima. Iz tih komparativnih prednosti, kao i iz mogućnosti za bolje gospodarenje hranom uopće, proizlazi i interes naše zemlje za navedene postupke i zakonsku materiju koja ih regulira.

Konačni cilj svih propisa iz oblasti prehrane je zaštita potrošača i sprečavanje zloupotreba. U svim organiziranim ljudskim zajednicama rukovanje namirnicama oduvijek je bilo regulirano propisima koji su vodili računa o zdravstvenoj ispravnosti. Štoviše, u počecima civilizacije ti propisi su bili nametnuti autoritetom religije, a u nekim zajednicama taj pristup je i danas izrazit. Budući da naknadnom analizom nije moguće utvrditi da li je hrana ozračena u skladu s odobrenim postupkom, štoviše, u većini slučajeva nije moguće otkriti da li je hrana uopće ozračena, potrebno je da se ova materija zakonski regulira kako bi se osiguralo da ozračena hrana u međunarodnoj trgovini zadovoljava međunarodno prihvaćene standarde o zdravstvenoj ispravnosti, dobroj proizvođačkoj praksi, higijenskoj kvaliteti i kontroli postupka ozračivanja. Takvi standardi doprinose međunarodnom povjerenju i osiguravaju namirnice usporedive prihvatljivosti bez obzira na zemlju njihova porijekla.

Pošto je združeni komitet eksperata FAO/IAEA/WHO 1976. godine izdao bezuvjetnu dozvolu za zračenje do 10 kGy 5 namirnica (žito, krumpir, piletina, papaje i jagode), Komitet za aditive Komisije za Codex Alimentarius usvojio je Nacrt općeg standarda za ozračene namirnice i Nacrt propisa za rad uređaja kojima se obavlja ozračivanje namirnica. Ovi dokumenti stimulirali su interes raznih zemalja za trgovinu ozračenim namirnicama jer je po prvi put stvorena osnovica za usklađenje nacionalnih zakonodavstava i za stvaranje uzajamnog povjerenja između država da će hrana ozračena u jednoj zemlji i stavljena u prodaju u drugoj zemlji biti podvrgnuta zajednički prihvatljivim standardima zdravstvene ispravnosti, higijenske prakse i kontrole zračenja.

MEĐUNARODNI OPĆI STANDARD ZA OZRAČENE NAMIRNICE

U smislu ovog Standarda⁽⁶⁾, ozračenom hranom smatra se samo ona hrana koja je izložena zračenju s jednim od ovih specifičnih ciljeva:

sprečavanje klijanja (luk i krumpir)	0.03-0.12 kGy
dezinfestacija (sjeme, brašno, voće)	0.2 -0.8 kGy
produženje uskladištenja pokvarljive hrane (voće, povrće, meso, živad, riba)	0.5 - 10 kGy

smanjenje broja vegetativnih mikro- organizama (meso, živad, jaja)	3 - 10 kGy
eliminacija mikroorganizama u dodacima hrani (začini, škrob, enzimski preparati)	3 - 20 kGy
sterilizacija (mesni i riblji proizvodi)	20-45 kGy

Hrana koja je bila izložena djelovanju zračenja u svrhu mjerenja ili inspekcije ne smatra se ozračenom hranom u smislu ovog Standarda.

Standard dozvoljava da se kao izvori zračenja upotrebe izotopi ^{60}Co i ^{137}Cs , rendgensko zračenje energije do 5 MeV i ubrzani elektroni energije do 10 MeV. Ova ograničenja vode računa da energija zračenja ne pređe prag za induciranje radioaktivnosti u hrani.

U pogledu apsorbirane doze Standard propisuje da ukupna prosječna doza ne bi trebala prelaziti 10 kGy. U odnosu na ranije formulacije, ova odredba namjerno je fleksibilna vodeći računa o praktičkim razlozima, kao što je konstrukcija uređaja za ozračivanje. U tim uređajima manji dio robe prima dozu koja je do 50% viša od prosječne, što ne utječe na zdravstvenu ispravnost. Željelo se, naime, izbjeći da iz formalnih razloga dođe do neprihvatanja hrane koja bi primila manje od minimalne ili više od maksimalne doze, kako je bilo propisano ranijom verzijom. U Dodatku objašnjeno je što je ukupna prosječna doza. Ukoliko je poznat oblik raspodjele doze po volumenu, ukupna prosječna doza može se odrediti kao $\frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$.

2

Ranija verzija Standarda imala je još jedan dodatak koji je predstavljao priručnik za ozračivanje namirnica koje su odobrene od strane Združenog komiteta eksperata 1976. U svjetlu bezuvjetne dozvole za sve namirnice izdane 1980., ovaj priručnik mogao bi stvoriti utisak da tamo nabrojene namirnice tvore posebnu grupu. No budući da je on ipak koristan kao primjer dobre tehnološke prakse, zadržan je kao dodatak Modela propisa za rad s izvorima ionizirajućeg zračenja.

Standard naglašava potrebu da se, udovoljavajući načelu "dobre proizvodne prakse", zračenje ne smije upotrebiti da se namirnicama koje ne zadovoljavaju standardima poveća prođa. U tom smislu jedina dozvoljiva primjena zračenja je smanjenje neizbježne infestacije ili bakterijske kontaminacije inače

kvalitetnih namirnica, a nikako ne kao nadomjestak za dobru proizvodnu praksu. U slučaju namirnica s niskim sadržajem vlage koje se podvrgavaju zračenju u svrhu dezinfestacije, Standard dopušta ponovno ozračivanje u slučaju potrebe. Doza za ovu svrhu je niska pa se ponovnim ozračivanjem ne može prekoračiti dopuštena granica od 10 kGy.

U pogledu označavanja ozračene hrane, u prošlosti je prevladavalo mišljenje da zračenje stvara specijalne supstance u ozračenoj hrani i da ih je ispravno promatrati kao aditive. Upravo ovo stanovište, koje je dugo i uporno držala U.S. Food and Drug Administration, kočilo je daljnji razvoj zračenja hrane u toj zemlji, a zbog pionirske uloge SAD, i u svijetu. Aditivi, naime, imaju sasvim drugačiji zakonski tretman od procesa, a u ovom slučaju valjalo je tražiti negativni dokaz za neškodljivost nepostojećeg aditiva. Ne treba se čuditi da profitu okrenutim kompanijama ovo nije bilo dovoljno privlačno. Napredak je zabilježen tek kad je napuštena koncepcija aditiva i prihvaćena koncepcija procesa. S time je u skladu i zahtjev za obilježavanjem. Obilježavanje ima između ostalog i zadaću da upozorava i informira prodajnu mrežu i potrošače s jedne strane, te državne trgovinske i zdravstvene inspekcije s druge strane. Označavanje bi trebalo u prvom redu pružiti informaciju a ne širiti dezinformaciju. Združeni komitet eksperata bio je mišljenja da bi stavljanje riječi "ozračena" ispred naziva namirnice nepotrebno skretalo pažnju na nepostojeću opasnost, budući da je ocijenjeno da bi većina tumačila to kao riječ opomene da hrana sadrži neko posebno svojstvo ili opasnost. Stoga označavanje nije izričito uključeno u Standard, nego je ostavljeno kao diskreciono pravo svake nacionalne legislative. Prevladalo je mišljenje da bi se time pridala relativno veća težina zračenju u usporedbi s kemijskim i drugim procesima.

Identitet ozračene hrane, međutim, ne bi trebao ostati potpuno nepoznat u trgovini na veliko i u međunarodnoj trgovini. Relevantne informacije moraju biti dane u popratnoj deklaraciji uz svaki kontejner (ne na kontejneru). Smatra se da nikakvo označavanje nije potrebno za tzv. "hranu druge generacije", jer je ona pripravljena samo dijelom od ozračenih sastojaka; na pr. u smjesi za juhu ozračeni mogu biti samo začini.

ZAKLJUČAK

Zahvaljujući činjenici da je na ovom području u prošlosti udio privatne inicijative bio mali, a udio državnih organa i međunarodnih organizacija vrlo veliki, sve relevantne informacije, dostignuća i postupci javno su dobro i pristupačni svima. Mišljenja smo da su autoritet agencija Ujedinjenih naroda i praksa zemalja razvijenijih od naše dovoljna garancija da i u našoj zemlji donesemo odgovarajuće propise bez suvišnih dvoumljenja kad nam je omogućeno da to uradimo bez suvišnih troškova.

ABSTRACT

LEGAL ASPECTS OF FOOD IRRADIATION

Food preservation by irradiation has been proved both technologically and economically. However, full advantages of the process, which are possible in international trade, as well as in national economies, can be accomplished only through complete internationalization of the process. National legislatures received considerable assistance in this matter through publicizing relevant recommendations by specialized agencies of the United Nations. It is the right and the obligation of our country to accept these recommendations. This paper provides discussion and comment of recommended International General Standard for Irradiated Foods, especially regarding the definition of overall average absorbed dose, the allowance of repeated irradiation, labelling, and other technological and wholesomeness issues.

LITERATURA

- (1) T. Lovrić: Konzerviranje hrane
 Tehnička enciklopedija, sv. 7, 268.
 Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb (1980).
- (2) Postharvest Food Losses in Developing Countries.
 Board on Science and Technology for International
 Development, Commission on International Relations, National
 Research Council, National Academy of Science, Washington,
 D.C. (1978).

- (3) K. Parikh, F. Rabar (Editors): Food for All in a Sustainable World; The IIASA Food and Agriculture Program International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria (1981).
- (4) Newsweek, 28 March, 42 (1983).
- (5) Wholesomeness of Irradiated Food
Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee
WHO Technical Report Series 659
World Health Organization, Geneva (1981)
- (6) Revision of the Recommended International General Standard for Irradiated Foods and of the Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities Used for the Treatment of Foods, Report of a Consultation Group jointly organized by the FAO, IAEA and WHO, Geneva, 1-3 July 1981.
IAEA Technical Document 258, IAEA, Vienna (1981).

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
O h r i d, 31. maj - 3. juni 1983.

Živan Deanović i Danilo Petrović
Institut "Rudjer Bošković", Zagreb, Bijenička 54
OOUR - Eksperimentalna biologija i medicina

KAKO NAŠE ZDRAVSTVO PRATI IZGRADNJU NUKLEARNIH ELEKTRANA

Nakon općih napomena o potrebi i značenju organiziranja preventivne i kurativne zdravstvene zaštite koja mora pratiti nuklearno-energetska postrojenja, opisan je kronološki slijed događaja koji su doveli do koncipiranja i djelomične realizacije odgovarajućeg medicinskog centra u Zagrebu. Prikazano je ono što je u tom smislu već učinjeno i ukazano na ono što bi još trebalo učiniti. Naglašena je neophodnost postojanja takvog centra koji bi u slučaju nuklearnog akcidenta mogao osigurati kompletni medicinski tretman, uključujući i najsuvremenije postupke poput transplantacije koštane srži, i to za sve vrste radijacijskih ozljeda koje su u takvim slučajevima moguće. Takodjer je iznesen kratak osvrt na medicinski aspekt vježbe "Posavje 82" u vezi s nuklearnom elektranom - Krško.

Svaka značajnija tehnološka inovacija, a pogotovo uvođenje nuklearne tehnologije s izgradnjom nuklearno-energetskih postrojenja velike snage, traži adekvatno razvijene prateće djelatnosti među kojima - u socijalističkom društvu - zdravstvena zaštita mora doći u prvi plan. Društvo, koje se odlučilo na izgradnju nuklearno-energetskog sistema, ne smije pri tom zanemariti zaštitu čovjekove okoline, a pogotovo ne smije zapostaviti izravnu brigu o zdravlju i životu ljudi. Sigurnost u tom pogledu treba pružiti kako radnicima u nuklearnim postrojenjima, tako i okolnom stanovništvu.

Kad je riječ o zaštiti zdravlja i nuklearnoj energetici, onda se pri tom ne misli samo na tehničku sigurnost takvih postrojenja nego i na sve mjere zdravstvene fizike, medicine rada i akcidentalne medicine, te na brojne aktivnosti povezane sa zaštitom čovjekove okoline. Specifična zaštita zdravlja u ovom slučaju je vrlo kompleksna, ona čak zadire u područje djelovanja nekoliko resora odnosno organa uprave i grupacija udruženog rada (energetika i elektroprivreda, zdravstvo, vodoprivreda, unutrašnji poslovi, civilna zaštita i narodna obrana). U ovom referatu mi ćemo se osvrnuti samo na medicinski dio tog kompleksnog pojma zaštite zdravlja od zračenja i radioaktivne kontaminacije u vezi s izgradnjom i radom prve jugoslavenske nuklearne elektrane u Krškom.

Činjenica je da se ni preventivna medicinska djelatnost s medicinom rada, ni naši bolnički pogoni (klinike), kao ni organizacija zdravstvene službe u cjelini, nisu na vrijeme počeli pripremati kako bi se spremno dočekao početak punjenja gorivom i puštanja u pokusni pogon nuklearne elektrane u Krškomo (NEK).

U Ljubljani je pod kraj 1976. održan sastanak u Kliničkom centru uz sudjelovanje svih republičkih rukovodilaca zdravstva Slovenije; tada je bilo konstatirano da u SR Sloveniji medicinski dio zdravstvene zaštite u vezi sa zračenjem zaostaje za fizičko-kemijsko-tehničkim dijelom te zaštite. Stavljeno je bilo u zadatak Institutu za medicinu rada, prometa i sporta u Ljubljani da razradi plan organizacije medicinske preventive i medicine rada u vezi s nuklearno-energetskim programom. Rad na tom zadatku polako se je odvijao, očito zbog oskudice stručnjaka s odgovarajućom dopunskom izobrazbom na tom području. Bilo je potrebno da jedna slovenska višedisciplinarna grupa obidje (novembra 1979.) nekoliko evropskih nuklearnih elektrana i nuklearnih centara, pa da studija "Program aktivnoga zdravstvenoga varstva delavcev jedrske elektrane Krško" bude početkom 1980. gotova u svojoj konačnoj formi. U toj studiji planiraju se preventivno-medicinski postupci i mjere medicine rada na dvije razine: lokalna razina (Dom zdravlja Krško) i republička razina (Klinički centar u Ljubljani i Institut "Jožef Stefan"). Dobro je obradjena redovita zdravstvena kontrola no mjere, zadaci i postupci u slučaju radijacijskog akcidenta sažeti su na nepune 2,5 stranice.

Početkom 1978. ponudio je Institut "Rudjer Bošković" (IRB) investitorima NEK 13 opsežnih tema na kojima se mogu angažirati stručnjaci iz Instituta. Jedna od tih tema bila je "Zdravstvena fizika s medicinskim aspektom zaštite od zračenja u akcidentalnim situacijama". Na temelju tih ponuda, kasnije je jedino došlo do uključivanja manjeg broja stručnjaka iz IRB u ocjenjivanje Sigurnosnog izvještaja za NEK. Naše uporno dokazivanje, naročito tokom 1979. godine, da je hitno potrebna razrada specifičnih medicinskih mjera i postupaka za slučaj radijacijskih i kontaminiranih ozljeda, urodilo je traženjem tehničkog direktora Pogona NEK da IRB dade detaljno obrazloženu ponudu za izradu studije "Tretman radijacijskih i kombiniranih ozljeda osoblja NE-Krško". Iako je takva ponuda bila poslana u NEK istog mjeseca kad je i zatražena (listopad 1979.), ipak je proteklo ništa manje nego 16 mjeseci do konačnog "stupanja na snagu" ugovora o izvršenju tog zadatka. U međuvremenu su nosilac zadatka i njegov zamjenik bili na međunarodnoj konferenciji "The medical basis for radiation accident preparedness" (Oak Ridge, SAD, 18-20.X.1979.) gdje su imali

prilike prikazati i prodiskutirati svoju koncepciju kliničkih odsjeka za tretman raznovrsnih radijacijskih ozljeda^{/1/}.

U aprilu 1981. predana je NEK i Komitetu za zdravstvo SR Hrvatske gotova studija^{/2/} u izradi koje su sudjelovali ne samo radiobiolozi iz IRB nego i radiotoksikolozi iz Instituta za medicinska istraživanja u Zagrebu, te niz kliničara iz Kliničkog bolničkog centra (KBC) Zagreb - Rebro, kao i dva hematologa iz Kliničke bolnice "Dr O. Novosel" (Zajčeva ul.). Na 60 stranica obradjeno je sve što smo smatrali bitnim za organizaciju prve pomoći i medicinskih intervencija kako u samoj elektrani, tako i u kliničkom centru. Dana je osnovna koncepcija kako se od postojećih kliničkih jezgara u Zagrebu mogu najracionalnije razviti medicinski punktovi specijalizirani za pojedine vrste radijacijskih i kombiniranih ozljeda (ukupno 6 različitih punktova uz prateće laboratorije). Tu studiju su napokon prihvatili i investitori i Komiteti za zdravstvo obih republika kao bazu za realizaciju nužnih kapaciteta, no o lokaciji kliničkog dijela i o potrebnim sredstvima još se raspravljalo daljnjih 5 mjeseci na raznim nivoima. S obzirom da je 11. septembra 1981. trebala započeti kontrolirana lančana reakcija u reaktoru NEK, a da je prethodno - prema svim propisima - trebao biti osiguran prihvati i tretman eventualnih ozlijeđenika, to je svega 3 dana prije tog roka potpisan Samoupravni sporazum između KBC - Zagreb i elektroprivrednih zajednica Slovenije i Hrvatske prema kojem će se u Zagrebu razviti centar za prihvati, obradu i liječenje ozračenih i/ili kontaminiranih osoba nastradalih u eventualnoj radijacijskoj nezgodi.

U to vrijeme NEK je imala svog ugovornog liječnika, specijalistu medicine rada s osnovnim kursom zaštite od zračenja (obrazovni centar Instituta "Boris Kidrič"). On je, prema uputama iz naše studije, organizirao u samoj elektrani ambulantu s prihvatilištem za potrebe hitnih i specifičnih intervencija. Pribavljeni su i neki antidoti za slučaj unutrašnje kontaminacije, a služba zdravstvene fizike je u pokrajnjim prostorijama instalirala brojilo za cijelo tijelo, kao i brojilo za biološke uzorke.

Na ranijem savjetovanju "Nuklearne elektrane i zaštita od zračenja" (JDZZ, Čateške toplice, juni 1980.) govorili smo o medicinskoj preventivi, kurativi te o organizaciji svega što mora postojati u vezi sa zaštitom zdravlja radnika NE^{/3/}. Tu smo ponovno upozorili na činjenicu da od osnovne zamisli i razrade na papiru raznih organizacionih i medicinskih mjera, pa do ostvarenja i funkcioniranja svih pojedinih - predstoji još golem i odgovoran posao. Obaveze koje propisuje savezni Zakon sa svojim Pravilnicima^{/4,5/}, te odgovarajući Zakoni SR Slovenije i SR Hrvatske^{/6/}, kao i nužno poštivanje međunarodnih preporuka (IAEA^{/7,8,9/} i ICRP^{/10/}),

bili su osnova za naše uporno zahtijevanje da se, paralelno s pokusnim pogonom elektrane i stjecanjem uvjeta za uporabnu dozvolu, moraju u etapama razvijati i funkcionalno se osposobljavati medicinski kapaciteti za tu specifičnu zdravstvenu zaštitu. Koliko god se nekome činilo jednostavnijim i jeftinijim rješenje da se sa specijaliziranim ustanovama u inozemstvu sklope ugovori o primanju na liječenje ozlijeđenih u eventualnom nuklearnom udesu, mi smo zastupali mišljenje da je apsolutno potrebno razviti takve mogućnosti u nas, i to iz više razloga. U prvome redu tu je sigurnost samih radnika elektrane da će, ako ustreba, biti odmah prihvaćeni i adekvatno liječeni u domovini uz svoje najbliže; s druge strane, ako ulazimo u eru izgradnje niza nuklearno-energetskih objekata u našoj zemlji, onda to mora povući naprijed i zdravstvenu "infrastrukturu". Ako smo dorasli za nuklearnu tehnologiju, moramo biti spremni i za sve eventualne posljedice. Ni u ovom slučaju društvena samozaštita i narodna obrana ne mogu ostati nezainteresirane.

Posredovanjem Komiteta za zdravstvo SR Hrvatske, i novčanom potporom za sada samo elektroprivrede te republike, došlo je na temelju spomenutog Samoupravnog sporazuma do djelomične realizacije odgovarajućeg medicinskog centra u Zagrebu. Uz Zavod za nuklearnu medicinu KBC-Rebro, formiran je odvojeni stacionar koji treba da posluži kao dijagnostičko-trijažni odsjek za ozračene ili kontaminirane žrtve eventualne radijacijske nezgode. Razradjen je plan dogradnje oko 300 m² prostora za prijem, prvu trijažu, dekontaminaciju, hitne intervencije i opservaciju takvih pacijenata. Tu bi, osim toga, trebala da se stalno odvija izobrazba i uigravanje raznih profila zdravstvenih radnika za intervencije u izuzetnim radijacijskim situacijama. Za sada najviše zapinje namicanje deviznih sredstava za nabavu specifične uvozne opreme. S ovim odsjekom povezane su pripreme za ranu dijagnostiku radijacijskog oštećenja pomoću niza bioloških indikatora (hematološki, biokemijski, citogenetski); u tome poslu pomažu radiobiolozi i biokemičari iz IRB, kao i stručnjaci za kromosomske aberacije iz Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. S nizom problema unutrašnje kontaminacije i dekorporacije radionuklida morat će se uhvatiti u koštac posebna mješovita grupa radiotoksikologa, radiokemičara i zdravstvenih fizičara. Svi ti profili vrsnih stručnjaka postoje u Zagrebu, no treba ih organizaciono povezati, dobro opremiti i osigurati njihovu stalnu suradnju, a to na žalost ne ide bez poteškoća. Naime, općenito se osjeća oskudica mlađih kadrova usmjerenih na tu problematiku, a mlađji bi valjda lakše pronalazili zajednički jezik.

U okviru Interne klinike KBC-Rebro, proradio je na Zavodu za hematologiju odvojeni pogon za transplantaciju koštane srži; raspolaže s tri sterilna "boks" sa nuž-

nim predprostorijama za pripremu. Nedavno je uspješno izvršena prva transplantacija te vrste kod bolesnika s aplastičnom anemijom. Za taj kompleksni zahvat bilo je nužno da funkcionira tipizacija tkiva, odvajanje frakcija krvnih stanica i dr. Osim toga, formiran je višedisciplinarni tim zadužen za praćenje bolesnika i za intervencije u svim fazama pripreme i post-transplantacijske njege.

Kirurzi KBC-Rebro, traumatolozi i plastičari, uključeni su također u pripreme za obradu kontaminiranih ranjenika ili opečenih. Na žalost, te su pripreme do sada bile više teoretske nego oživotvorene.

Kao kočnica bržem osposobljavanju tog medicinskog centra u Zagrebu za specifične potrebe nuklearne energetike pojavljuje se - prije svega - nestašica sredstava, zatim poteškoće oko nabave nužne opreme (i antidota) iz uvoza, te razne organizacione i kadrovske slabosti (npr. osiguranje stalnog dežurstva kvalificiranih stručnjaka i odgovarajućeg osoblja i dr.).

Početak novembra 1982. god. održana je vježba "Posavje 82" kojom se htjelo provjeriti spremnost i osposobljenost za reagiranje na nuklearni akcident kako pojedinih sektora unutar NEK, tako i civilne zaštite i odgovarajućih službi u obližnjim općinama. U prisustvu stručnjaka Međunarodne agencije za atomsku energiju, odvijao se zamišljeni scenarij jednog ozbiljnijeg kvara na radnom sistemu reaktora; pretpostavka je bila da će postepeni razvoj događaja dovesti do IV. stupnja ugroženosti uslijed naglog ispuštanja veće količine radioaktivnosti iz kontejnmenta, što može dovesti u opasnost i okolno stanovništvo. U samoj elektrani dobro su se pripremili za tu vježbu, a dobro su funkcionirale i sve službe i mjere za zaštitu stanovnika općina Krško i Brežice. Pogranične općine u SR Hrvatskoj (Samobor, Zaprešić i Klanjec) mobilizirale su svoje štabove i jedinice Civilne zaštite, koji su pratili razvoj "događaja" i bili u vezi sa štabom CZ zajednice općina Zagreba i sa republičkim štabom. Procjena je bila da evakuaciju treba provesti samo u zoni od 1.500 m oko elektrane, a na većoj udaljenosti poduzima se hermetizacija otvora na kućama i svi se stanovnici sklanjaju u kuće. U općinama Krško i Brežice bila je predviđena podjela tableta KJ stanovništvu toga kraja. "Lek" iz Ljubljane priredio je te tablete, a distribuciju je preuzela CZ. Međutim, obližnje općine u Hrvatskoj nisu raspolagale tabletama KJ i prema pretpostavci njihovi stanovnici nisu trebali ništa poduzimati, jedino pratiti radio-vijesti.

Ta je vježba bila navodno prva takvih razmjera u Evropi. Oni koji su se za nju bolje pripremili, bolje su i reagirali (štabovi NEK i općine Krško). Pokazalo se da naročito sistem veza (telekomunikacija) treba obavezno poboljšati, pogotovo između

organa i ustanova dviju susjednih republika. U vježbu je bio uključen i KBC-Rebro gdje su, svega 33 minute nakon zamišljenog radijacijskog incidenta, bile dovezene iz NEK tri "ozračene" osobe i jedan "kontaminirani ranjenik". Njihova "trijaža" i "obrada" tekle su po planu. U toj vježbi sudjelovale su i stručne ekipe Instituta za medicinska istraživanja i Instituta "Rudjer Bošković" za vršenje "monitoringa" na terenu. Na kraju vježbe izvršene su razne analize, uočeni nedostaci i dani prijedlozi za njihovo otklanjanje. U svakom slučaju, bar što se SR Hrvatske tiče, morat će se još dosta poraditi da se razvrstaju i usklade kompetencije i akcije organa pojedinih republičkih Komiteta s onima štabova Civilne zaštite u situacijama prijeteće radijacijske opasnosti.

SUMMARY

General remarks are given concerning the importance and significance of organizing appropriate preventive and curative medical care which is required to follow the development of nuclear industry in the country. In addition, the sequence of events leading to the design and to partial realization of a specialized medical center in Zagreb is described; moreover, it is indicated what is still left to be done in the near future. The necessity of such a medical center is stressed for providing specialized medical and surgical treatment (including bone marrow transplantation) for different injuries which can occur in a nuclear accident. Some comments on the medical aspects of the exercise in handling a simulated nuclear accident "Posavje 82" are also given.

LITERATURA

- /1/ Ž. Deanović, B. Vitale: Specialized medical sections for the treatment of radiation injuries from accidents in nuclear power plants, u "The Medical Basis for Radiation Accident Preparedness", Elsevier North Holl., New York, 1980, p.513
- /2/ Ž. Deanović, B. Vitale, D. Petrović et al.: Tretman radijacijskih i kombiniranih ozljeda osoblja Nuklearne elektrane Krško", IRB Zagreb, 1981.
- /3/ Ž. Deanović: Medicinski aspekt radiološke zaštite nuklearnih elektrana, u Zborniku del Posavetovanja "Jedrske elektrane in zaštita pred sevanji", Čateške toplice, 4.-6. VI 1980., p.212
- /4/ i /5/ Pravilnici (SL SFRJ 27/1977, 1238 i 25/1979, 800)
- /6/ Zakon o mjerama za zaštitu od ionizirajućih zračenja i za sigurnost nuklearnih objekata i postrojenja (Narodne novine SRH, 18/1981, 295)
- /7/ IAEA Recommendations, Safety Series No 47, Vienna, 1978
- /8/ IAEA Safety Standards, Safety Series No 50-C-O, Vienna 1978
- /9/ IAEA Technical Document No 225, Vienna 1979
- /10/ Internat. Comm. on Radiol. Protection, Publications No 26(1977), 28(1978), No 29(1979), 30(1979), Pergamon Press

XII- JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

V. Stančić⁺, I. Bunji⁺⁺, B. Radenović⁺⁺

⁺Institut "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

⁺⁺Vojnotehnički Institut, Beograd

SISTEMATIZACIJA I FORMATIZOVANJE BIBLIOTEKA NUKLEARNIH PODATAKA ZA PRIMENU U ZAŠTITI OD ZRAČENJA I DOZIMETRIJI

REZIME U zaštiti od neutrona i gama zračenja primenjuju se različite transportne metode koje zahtevaju korišćenje nuklearnih podataka iz razpoloživih biblioteka ENDF/B, KEDAK, UKNDL, LIB-4 i dr. U radu su dati algoritam i model za sistematizovanje nuklearnih podataka prema transportnim metodama unificiranih prema ENDF/B i CCCC formatu, uređenih po nuklidima.

UVOD

Jedan od važnijih zadataka u proračunima zaštite od zračenja i dozimetriji je stvaranje fonda ocenjenih nuklearnih podataka koje je moguće preporučiti za proračun u svakom određenom slučaju. Kao što je poznato, cena nuklearnih podataka u sebi sadrži sistematizaciju podataka različitih autora, njihovu kritičku analizu, sprovođenje proračuna na preporučenim uzornim problemima i na kraju preporuka za njihovo korišćenje u zavisnosti od problema.

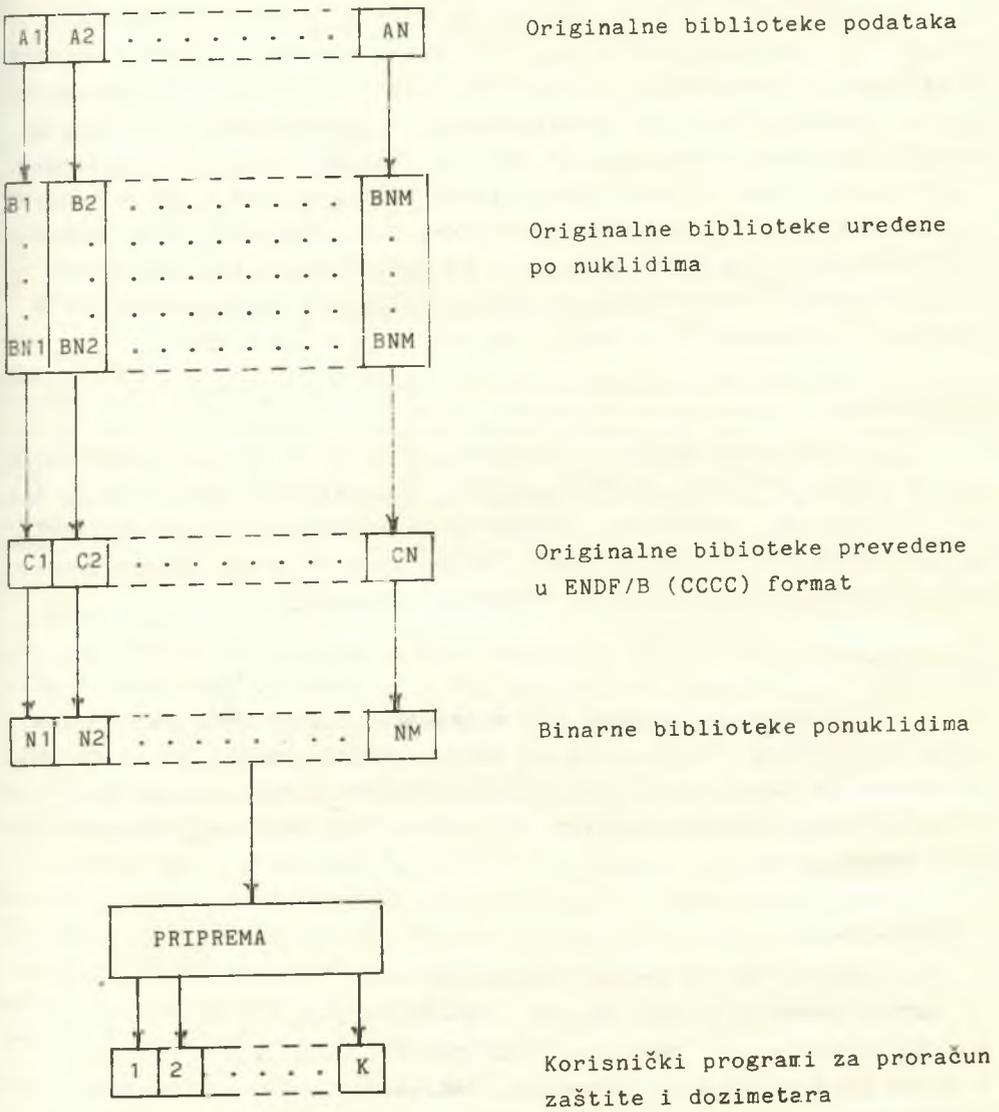
Izrada standardnih biblioteka nuklearnih podataka za posebnu namenu je vrlo složen i obiman posao koji rade u kooperaciji institucije iz desetak najrazvijenijih zemalja u svetu, naprimer BNL, Saclay, Centar za nuklearne podatke u Obninsku i dr. Tako su nastale nacionalne biblioteke podataka koje se razlikuju ne samo po formatu zapisa, nego i po evaluaciji i nameni. Među najpoznatijim formatima su: ENDF/B, UKNDL, KEDAK, SOKRATOR i JENDL. Prema tome, kada se vrši transportni proračun sistema za zaštitu od zračenja ili dozimetra, potrebno je prvo odabrati neku od pomenutih biblioteka, pročitati format zapisa podataka, pročitati ih, zatim upisati prema formatu koji zahteva računarski program za transportni proračun, izvr-

šiti željeni proračun, pa najzad analizirati dobijene rezultate i po potrebi ponoviti postupak od početka sa drugom bibliotekom. Drugim rečima, svaki korisnik nekog računarskog programa za transportne proračune treba da stalno kreće od početka i učini značajne napore u pripremi nuklearnih podataka. Na taj način se gubi mnogo vremena, a i mogućnosti grešaka su veće. Imajući u vidu ove i niz drugih okolnosti koje se javljaju u praksi nameće se potreba sistematizacije i formatizovanja raznih biblioteka podataka u modularni sistem banke podataka za potrebe proračuna zaštite od zračenja i dozimetara. U ovom radu su prikazani model formatizovanja biblioteka osnovnih i multigrupnih podataka za ove potrebe.

1. SISTEMATIZACIJA BANKE OSNOVNIH NUKLEARNIH PODATAKA

Jedan od najznačajnijih izvora osnovnih nuklearnih podataka su biblioteke ENDF/B (Evaluated Nuclear Data Files) [1-2]. Do sada su formirane sledeće ENDF/B biblioteke: za opštu namenu, podaci za standardne nukleide, aktinidi, fisioni produkti, dozimetrijske reakcije, aktivacione reakcije i fotonski podaci. Pored toga, za podatke u ENDF/B formatu napravljeno je vrlo mnogo računarskih programa zanjihovo korišćenje. Zbog toga je odlučeno da se sve ostale biblioteke nuklearnih podataka prevedu na ovaj format u cilju smanjenja broja potrebnih pomoćnih programa za pripremu podataka u zavisnosti od transportnih kodova. Postupak formatizovanja i sistematizacije je prikazan na Sl.1. Prvo se izvorne biblioteke osnovnih nuklearnih podataka UKNLL, KEDAK i t.d. razbijaju na fajlove nuklidima. Ovi se fajlovi zatim prevode u ENDF/B format. Na kraju se formatizovane biblioteke prevode na binarni kod u ENDF/B formatu i istovremeno vrši njihovo sažimanje tako da jedan fajl ima sve podatke određenog nuklida iz svih datoteka u kojima se pojavljuje. Na ovaj način prvo značajno se smanjuje broj pomoćnih računarskih programa za prenos podataka i drugo, izvršena je ušteda u potrebnom prostoru i vremenu za rad (binarni kod).

Što se tiče izbora biblioteka osnovnih nuklearnih podataka koje su za sada raspoložive za potrebe proračuna zaštite od zračenja preporučuju se biblioteke navedene u literaturi [4 - 9]. Za potrebe proračuna u dozimetriji skoro je formirana grupa pri MAAE u Beču koja je formatizovala podatke za dozimetriju. Za ove potrebe predlaže se korišćenje biblioteka navedenih u literaturi [10 - 13].



Sl. 1. Postupak formatizovanja i unificiranja biblioteka osnovnih (multigrupnih podataka) za proračune zaštite od zračenja i dozimetriji.

2. SISTEMATIZACIJA BANKE MULTIGRUPNIH PODATAKA

Kada su u pitanju biblioteke multigrupnih podataka CCCC-format 14 ima isti značaj kao ENDF/B za osnovne nuklearne podatke. Zbog toga je usvojeno da se sve raspoložive biblioteke formatizuju u CCCC formatu. Postupak formatizovanja i sistematizacije ovih podataka istovetan je sa onim za osnovne podatke, s tim što je drugačiji format i daleko manji broj tipova podataka, što i jeste osnovna karakteristika multigrupnih biblioteka, Sl.1. Na kraju ovog postupka se takode dobijaju binarni fajlovi po nuklidima, s tim što svaki od njih sadrži podatke samo za jedan nuklid ali iz svih postojećih izvornih biblioteka. Preporučuju se biblioteke [14 - 19] .

ZAKLJUČAK

Predloženi model formatizovanja podataka za proračune zaštite od zračenja i dozimetrije omogućava jednostavan i brz pristup željenim podacima. Pored toga, štedi se na potrebnom radnom prostoru u računarima. s obzirom da paket računarskih programa čine zaseban modul, povećana je pouzdanost njihovog korišćenja.

ABSTRACT

In order to prepare the necessary nuclear data, which are often in different formats (e.g. ENDF/B, KEDAK, UKNDL, etc.) for transport calculations of radioation protection and dosimetry a model of their sistematization and unification has been proposed in this paper.

LITERATURA

1. M.A.Khalil, ENDF/B format, IAEA-NDS- 1o.
2. ENDF/B Detailed format manual, BNL-NCS-17541.
3. ENDF/B Processing Programs, IAEA-NDS-29.
4. Index of Nuclear Data Libraries, IAEA-NDS-7.
5. ENDF/B-4 General Purpose File, IAEA-NDS-23.
6. ENDF/B - Photon Interaction File, IAEA-NDS-22.
7. UKNDL - Library, IAEA-NDS-3o.
8. ENDF/B-5 Dosimtry File, IAEA-NDS-24.
9. KEDAK -3 Dosimtry file, CINDU-11, Supp.1.p.37.
- 1o.SAND-2 Dosimtry file, CINDU-11,p.81.
- 14.B.M.Carmichael, LA-5486-ms, 1974.
- 19.VITAMIN-C, RSIC, DLC - 41.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

OHRID, 31 MAJ- 3 JUNI 1983

R. Pavlović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

Centar za permanentno obrazovanje

Beograd, Kosančićev venac 29

OBUKA KADROVA ZA PRIMENU RADIONUKLIDA I ZRAČENJA

U CENTRU ZA PERMANENTNO OBRAZOVANJE IBK

SADRŽAJ - U radu je iznet kraći pregled obrazovne delatnosti Centra za permanentno obrazovanje Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča u oblasti primene radionuklida i zračenja, sa posebnim osvrtom na obim i nivo izlaganja zaštite od zračenja, kao jednog od osnovnih zadataka obuke. Date su, takodje, i osnove koncepcija novih kurseva, koji su nastali kao posledica stalnog praćenja specifičnih primena radionuklida i zračenja, važećih shvatanja u oblasti zaštite od zračenja, kao i normativne i pravne regulative.

1. UVOD

Primena izvora jonizujućeg zračenja našla je mesto u gotovo svim oblastima ljudske delatnosti, počev od zaštite ljudi i materijalnih dobara od požara, zatim u zaštiti od atmosferskog pražnjenja, preko primene u najrazličitijim granama industrije (za merenje debljine, gustine, praćenje procesa habanja materijala, u metodama kontrole bez razaranja i sl.), u poljoprivredi, medicini (dijagnostika i terapija), u različitim naučnim istraživanjima, pa do primene u oblasti proizvodnje energije. Intenziteti izvora jonizujućeg zračenja su različiti, od vrlo jakih, kakvi su energetski i eksperimentalni nuklearni reaktori i druge nuklearne mašine, pa do relativno niskih, kakvi su npr. izvori jonizujućeg zračenja u jonizacionim detektorima dima.

Kao i svaka druga tehnologija i svaka ljudska delatnost uopšte, primena jonizujućeg zračenja je neizbežno uslovljena prihvatanjem izvesnog rizika - rizika od ozračivanja, kako pojedinaca koji neposredno rade sa izvorima jonizujućeg zračenja, tako i stanovništva uopšte. Opravdanost primene izvora jonizujućeg zračenja se izvodi na bazi razmatranja odnosa ostvarene koristi i cene koštanja radijacione štete i cene koštanja zaštite od zračenja za smanjenje rizika od ozračivanja do društveno prihvatljivog nivoa.

Stalni napredak u shvatanju mehanizma interakcije jonizujućeg zračenja sa biološkim materijalom i štetnog dejstva jonizujućeg zračenja na živi, a posebno ljudski organizam, uslovljavao je i promene koncepcije zaštite od zračenja. Koncept maksimalno dozvoljenih doza (MDD), zasnovan na pretpostavci o postojanju praga ozračivanja za pojavu štetnih radijacionih efekata je doživljavao drastične promene u visini MDD. Prihvatanje linearne zavisnosti efekta ozračivanja u funkciji doze, bez postojanja praga ozračivanja za pojavu štetnih radijacionih efekata, dovodi do značajnih promena u koncepciji zaštite od zračenja, tj. do prihvatanja koncepta minimuma izlaganja zračenju, formulisanog ALARA principom, koji, umesto MDD, razmatra granične doze ozračivanja za različite oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja /4,5/.

2. OBUKA KADROVA U CENTRU ZA PERMANENTNO OBRAZOVANJE IBK

Odgovarajući nivo stručnog obrazovanja je bitan preduslov za racionalnu primenu jonizujućeg zračenja sa aspekta tehnologije i tehnike primene, a naročito sa aspekta zaštite od jonizujućeg zračenja, kako pojedinaca koji neposredno rade sa izvorima zračenja, tako i stanovništva u celini, kao i sa aspekta očuvanja i zaštite čovekove sredine. Nephodna multidisciplinarnost, zbog najrazličitijih oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja, je bila, a i još uvek je jedna od osnovnih prepreka da se u ovoj oblasti steknu neophodna znanja kroz redovno obrazovanje. Rešenje, koje se nametnulo u daljnim počecima primene izvora jonizujućeg zračenja kod nas, dopunsko obrazovanje kroz organizovanje kurseva, još uvek je jedan od osnovnih vidova obrazovanja u ovoj delatnosti. U svom tridesetogodišnjem plodnom radu, Centar za permanentno obrazovanje je iz osnovnog Bazičnog kursa za obuku kadrova za rad sa radioaktivnim izotopima i zračenjem /1/ razvio i oko 50 specijalističkih kurseva u različitim oblastima primene jonizujućeg zračenja. Kroz oko 330 kurseva do sada je, na različitim nivoima, obučeno više od 5000 polaznika. Multidisciplinarnost u ovoj oblasti nameće potrebu da se, za predavače u Centru, angažuju vrhunski stručnjaci najrazličitijih oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja iz najpoznatijih istraživačkih, industrijskih, medicinskih i drugih centara. Do sada je u izvodjenju nastave učestvovalo oko 250 predavača iz zemlje i oko 50 predavača iz inostranstva, od toga 5 akademika i više od 70 profesora univerziteta. U saradnji sa predavačima Centar izdaje knjige i skripta, te tako obezbeđuje potrebnu literaturu za polaznike kurseva /2/.

Centar raspolaže potrebnim prostorom, laboratorijama i instrumentacijom za istovremeni rad 20 polaznika. Nastava se tako organizuje da svaku metodske jedinice prate laboratorijske vežbe, konsultacije, diskusije i kolokvijumi, kako bi se lakše savladala obimna i često polaznicima potpuno nova materija i imao stalni uvid u stepen usvojenog znanja. Nivo predavanja na kursevima se prilagodjava predznanju polaznika, vodeći pri tom računa o neophodnom minimumu znanja za pravilan i bezbedan rad, što omogućuje obrazovanje polaznika različitog stepena stručnosti, od KV radnika da doktora nauka /3/.

Zavisno od oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja i od delatnosti polaznika u procesu primene, organizuju se kursevi u trajanju od 5 dana do 7 nedelja. Na programu Centra se trenutno nalaze sledeći kursevi:

I BAZIČNI KURSEVI

1. Opšti
2. Industrijska radiografija
3. za postdiplomce iz oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja i zaštite od jonizujućeg zračenja
4. za dozimetriste nuklearnih elektrana
5. Fizički i biološki osnovi radiodijagnostike i radioterapije
6. za postdiplomce molekularne biologije
7. Sistem za alarmiranje požara - jonizacioni detektor dima
8. Specijalni vidovi zaštite

II MEDICINSKI KURSEVI

9. Radioimunološke analize
10. Primena radioaktivnih izotopa u dijagnostici i terapiji štitaste žlezde
11. Dijagnostička primena radioaktivnih izotopa u gastroenterologiji
12. Nuklearna medicina u onkološkoj dijagnostici i terapiji

III INDUSTRIJA

13. Interpretacija i ocenjivanje industrijskih radiograma
14. Kontrola metodama bez razaranja

IV ZAŠTITA

15. Zaštita od jonizujućeg zračenja

V OSTALI KURSEVI

16. Atomska apsorpciona spektrometrija

3. ZAŠTITA OD ZRAČENJA U OBUCI KADROVA

Posebna pažnja u programima obuke kadrova u Centru je posvećena organizacionim, tehničkim i medicinskim aspektima zaštite od jonizujućeg zračenja. U svim bazičnim kursevima i kursu Zaštita od jonizujućeg zračenja razmatraju se generalne postavke i praktično proveravaju osnovni principi zaštite, dok se u medicinskim kursevima i kursevima za industriju, koji su nadgradnja odgovarajućih bazičnih kurseva posvećuje pažnja specifičnostima zaštite od zračenja u pojedinim oblastima primene konkretnih vrsta ili izvora jonizujućeg zračenja.

U pogledu obima proučavanja zaštite od zračenja, kursevi su grupisani u tri nivoa /3/:

3.1. Polaznici ne rade samostalno sa izvorima zračenja

Za ovaj nivo se predviđa završavanje kursa Zaštita od jonizujućeg zračenja, koji daje elementaran uvid u strukturu materije, vrste zračenja, interakciju zračenja sa materijalom, mogućnost ozračivanja i kontaminacije u normalnim i akcidentalnim uslovima i dozimetriju i zaštitu od zračenja. Namenjen je licima koja ne rade samostalno, a koja izvode neke pomoćne operacije sa izvorima ili u polju izvora zračenja (pranje laboratorijskog posudja, u transportu radioaktivnih izvora i sl.) ili su po prirodi delatnosti u polju zračenja radioaktivnih izvora, kao i referentima opšte zaštite na radu.

3.2. Samostalan rad sa izvorima jonizujućeg zračenja

Na ovom nivou je najveći broj bazičnih kurseva koji omogućavaju sticanje dovoljnog fonda znanja za samostalan rad sa zatvorenim ili otvorenim i zatvorenim izvorima zračenja. To su, pre svega, Opšti bazični kurs, Industrijska radiografija, kao i Fizički i biološki osnovi radiodijagnostike i radioterapije i bazični kurs za postdiplomce molekularne biologije. Svi oni, pored osnovnih postavki o strukturi materije, vrstama zračenja, interakciji zračenja sa materijalom, dozimetriji i zaštiti od zračenja, razmatraju i tehnologiju i tehniku primene jonizujućeg zračenja. Diploma, koju polaznici stiču uspešnim završavanjem jednog od ovih kurseva daje mogućnost, uz postojanje ostalih potrebnih uslova (opravdanost primene, zadovoljavanje odredjenih tehničkih zahteva u pogledu prostora i opreme), za sticanje dozvole za samostalan rad sa izvorima jonizujućeg zračenja.

Kako sistem za rano otkrivanje, alarmiranje i eventualno automatsko gašenje požara, sa jonizacionim detektorima dima sve više na-

lazi praktičnu primenu, ukazala se potreba za obrazovanjem kadrova za održavanje i servisiranje ovakvih sistema u uslovima prisustva izvora jonizujućeg zračenja u jonizacionim detektorima dima. Centar je, u saradnji sa laboratorijama IBK, koje proizvode i ugrađuju sisteme, u toku 1981 i 1982 godine, razvio dvonedeljni kurs - Sistem za alarmiranje požara - jonizacioni detektori dima. Na ovom kursu slušaoci se pored osnova sistema za rano otkrivanje požara, projektovanja i izvodjenja elektronskih komponenata i električnih instalacija, funkcionisanja celog sistema i održavanja i servisiranja sistema upoznaju i sa osnovnim postavkama strukturalne materije, radioaktivnosti, vrstama radioaktivnog zračenja, interakcijom zračenja sa materijalom, kao i sa organizacionim, tehničkim i medicinskim aspektima zaštite od zračenja. Obzirom na prisustvo emitera ALFA zračenja (Am-241, Ra-226) u jonizacionim detektorima dima, posebna pažnja se posvećuje proceni opasnosti od kontaminacije i pravilnom tretmanu izvora zračenja u cilju sprečavanja kontaminacije. Najveći deo teorijskih razmatranja je praćen laboratorijskim vežbama i demonstracijama, kao i diskusijama i kolokvijumima.

3.3. Profesionalno bavljenje zaštitom od zračenja

Sve šira primena izvora jonizujućeg zračenja, kao i promene u koncepciji zaštite od zračenja ukazuju na potrebu profesionalnog bavljenja zaštitom od jonizujućeg zračenja. U okviru ovog nivoa moguće je razlikovati tri nivoa:

- a) tehničari zaštite od jonizujućeg zračenja na nuklearnim postrojenjima,
- b) inženjeri zaštite,
- c) istraživački kadar u oblasti zaštite od zračenja.

Program kursa za tehničare na poslovima zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama je razvijen u saradnji sa laboratorijama IBK za potrebe obrazovanja kadrova NE Krško /2/.

Kurs za inženjere zaštite, odnosno istraživački kadar iz ove oblasti je u pripremi, a njegova namena bi bila pregled najnovijih dostignuća, pravci razvoja i najaktuelnija problematika u oblasti zaštite od zračenja /3/.

Na programu Centra je i kurs za postdiplomce iz oblasti primene izvora jonizujućeg zračenja i zaštite od jonizujućeg zračenja. Posebna pažnja na ovom kursu je posvećena transportnim teorijama zračenja, interakciji zračenja sa materijalom, detekciji, dozimetriji u složenim poljima zračenja, zaštiti od zračenja, kao i

numeričkoj analizi i njenoj primeni u obradi podataka i rešavanju problema u ovoj oblasti.

4. ZAKLJUČAK

Jedna od bitnih karakteristika Centra za permanentno obrazovanje je aktuelnost problematike kojom se bavi. Stalnim praćenjem novih dostignuća i saznanja u oblasti primene i zaštite od jonizujućeg zračenja, Centar je u stanju da, u saradnji sa saradnicima, organizuje nove bazične i specijalističke kurseve, te tako obezbedi jedan od bitnih preduslova za praktično zaživljavanje fundamentalnih i primenjenih istraživanja u ovoj oblasti.

ABSTRACT - In this paper a short review of the educational activity of the Center for Permanent Education in the Institute for Nuclear Sciences "Boris Kidrič"- Vinča on application of radioactive isotopes and radiation, with special regard on the programme of the radiation protection is presented. The basic conceptions of the new courses, resulted as a consequence of the new radiation techniques in industry and medicine, are discussed.

LITERATURA

- /1/ Draganić I. idr. : Bazični kurs za obuku kadrova za rad sa radioaktivnim izvorima, Interna dokumentacija IBK; Vinča, 1956.
- /2/ M. Milošević, O. Mladjenović, O. Šotić: Obuka kadrova za rukovanje radioizotopima i pogon nuklearnih reaktora u Institutu "Boris Kidrič"-Vinča, Zbornik radova sa konferencije o korišćenju nuklearnih reaktora u Jugoslaviji, Beograd, 17.- 19. 5. 1978.
- /3/ J. Vujić, M. Ninković : Zaštita od zračenja u obuci kadrova za rad sa izvorima zračenja - iskustva Centra za permanentno obrazovanje IBK, Zbornik radova sa XI simpozijuma o zaštiti od zračenja, Portorož, 21.- 24. 4. 1981.
- /4/ M. Ninković, J. Vujić : Nova shvatanja u oblasti zaštite od jonizujućeg zračenja, Defektoskopija materijala, br. 2, Sarajevo, april - jun 1982.
- /5/ ICRP Publication 26, Pergamon Press, 1977.

II сессия : РАДИОТЕХНИКА

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

M.Mihailović, A.Jeršič, K.Južnič, D.Brajnik,
J.Štupar, P.Stegnar, I.Kobal, B.Smодиš,
Z.Smerkolj

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39
61000 Ljubljana

Radioekološka ispitivanja u Sloveniji

REZIME Uzorke zemlje iz Slovenije smo analizirali radiokemiskom i gamaspektroskopskom metodom sa ciljem da odredimo specifične aktivnosti prirodnih i veštačkih radionuklida. Istovremeno smo određivali i neke pedološke osobine tla kao i sadržinu mikroelemenata. Rezultati pokazuju da je do izvesne mere moguće predvideti sorpciju pojedinih radionuklida u raznim vrstama tla.

UVOD

Radioekološko ispitivanje u Sloveniji su počela sredinom sedamdesetih godina određivanjem ^{90}Sr i ^{137}Cs , količine organske materije, celokupnog i izmenljivog kalcija i kalija, katjonske izmenjevalne kapacitete in teksture tla.

U toku predpogonskih merenja radioaktivnosti okoline Nuklearne elektrane Krško je posle prvih merenja specifične aktivnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs uzorcima tla ustanovljeno da aktivnosti ^{137}Cs varira za faktor 9, a aktivnosti ^{90}Sr varira za faktor 11. Ustanovljene su takođe razlike u aktivnostima ^{90}Sr u poljoprivrednim proizvodima iz područja oko elektrane.

U želji da se identificiraju tipovi tla oko elektrane na površinama koje se obrađuju, te eventualno objasne mehanizmi prenosa radionuklida iz tla u biljke odnosno poljoprivredne proizvode nastavljena su dalja ispitivanja aktivnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs iz

tla i poljoprivrednim proizvodima, određivanje sadržaja mikroelemenata u zemlji i proizvodima, ispitivanja osobina različitih vrsta tla u blizini elektrane i u drugim krajevima Slovenije.

Rezultati merenja

U sledećem ćemo navesti nekoliko preliminarnih zaključaka o rezultatima merenja.

Analize rezultata merenja aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u 75 odnosno 84 uzoraka tla pokazuju da mehanizmi sorpcije oba radionuklida u tlu nisu jednostavni.

Osnovna pretpostavka o proporcionalnosti aktivnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs u zemlji sa količinom padavina, je samo gruba ocena. Pokazalo se da za iste vrednosti količine padavina imamo niz vrednosti aktivnosti ^{90}Sr i ^{137}Cs u zemlji. Naša ispitivanja obuhvataju područja sa padavinama od 800×10^{-3} m/god. do 2750×10^{-3} m/god.

Postoji zavisnost med aktivnosti ^{137}Cs u tlu i celokupnog i izmenjljivog kalija. Iz diagrama se vidi da na sorpciju ^{137}Cs utiču i drugi faktori koji modifikuju međusobne relacije.

Rezultati merenja aktivnosti ^{90}Sr ukazuju da verovatno postoje dva mehanizma vezivanja ^{90}Sr u tlu.

Potvrdili smo tvrđenje iz literature o proporcionalnosti med aktivnosti ^{90}Sr i količinom organske materije u tlu.

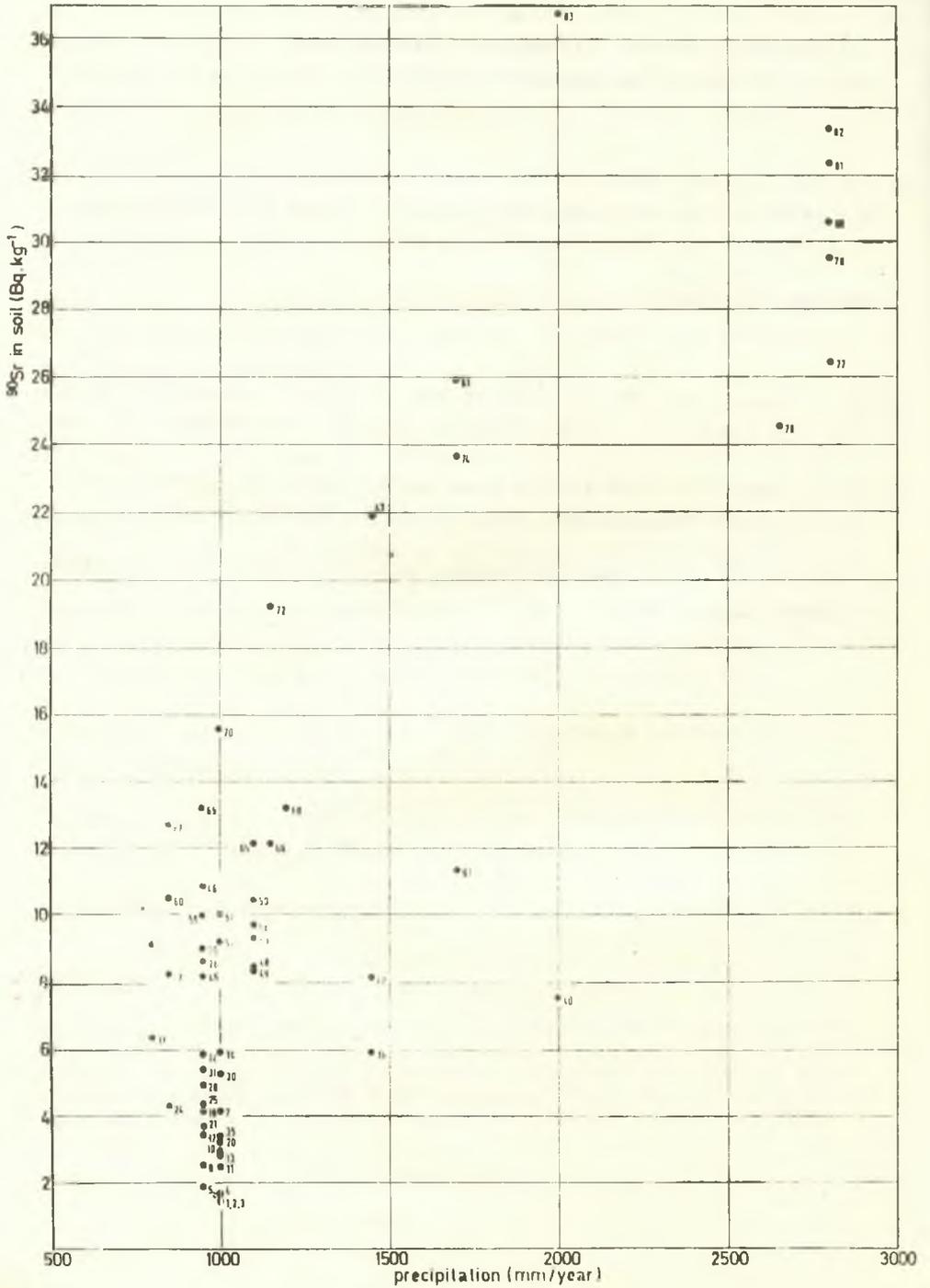
Ispitivanja se nastavljaju.

ABSTRACT

Radioecological investigations in Slovenia. Soil samples from Slovenia have been analysed for manmade and natural radioisotope content. Simultaneously, pedologic properties as well as microelement content have been determined. There are indications that in some cases radionuclide sorption in soil can be predicted.

BIBLIOGRAFIJA

- 1) A.Literature Review on Radioactivity Transfer to Plants and Soil, Ale John Mielsen, Riso-R-450. Riso National Laboratory, July 1981.
- 2) Use of fall-out data in the development of models for the transfer of nuclides in terrestrial and freshwater systems. G.S.Linsley et. IAEA SM-257/8 p. 615.
- 3) Squire H.M.Radiat.Botany 6 (1966) 49.
- 4) Predictions of ^{90}Sr in milk on the basis of deposition values. Van der Stricht et al.Hlth.Phys. 21, 217-226, 1971.
- 5) Soil fertility fertilizers and plant nutrients. Romney E.M., et.al. Soil Sci.Soc.Proc. 27, 383-385, 1963.
- 6) ^{90}Sr in ^{137}Cs v tleh Slovenije, A.Jeršič, Poročilo raziskovalne naloge, 1975.



XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

M.Mihailović, M.Kanduč, M.Križman, I.Kobal
Institut "Jožef Stefan", Jamova 39
61000 Ljubljana

Primena log-normalne analize na evaluaciju rezultata merenja
aktivnosti i drugih karakteristika uzoraka iz okoline

REZIME Višegodišnja merenja specifičnih i nespecifičnih aktivnosti uzoraka voda i zraka, te merenja različitih parametara uzoraka zemlje iz različitih krajeva Slovenije, omogućile su log-normalnu analizu pojedinih grupa rezultata. Dosadašnje upotrebe log-normalne analize su nam dale više pozitivnih rezultata no što smo očekivali.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

D. Brajnik, M. Korun

Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani

IDENTIFIKACIJA RADIONUKLIDOV V OKOLICI NEK

POVZETEK Opisani so rezultati spremljanja prvega leta obratovanja jedrske centrale Krško (NEK) z vidika radioaktivne kontaminacije okolja. Predvsem z metodo visokoločljivostne spektrometrije gama je bilo možno spremljati pojavljanje in širjenje radioaktivnega onesnaženja v Savi pod Krškimi in v podtalnici v vrtinah vzdolž Save. V sušinah vode je bilo možno zaznati nizke koncentracije aktivacijskih produktov ^{58}Co , ^{60}Co in drugih, občasno pa tudi posamezne fisiske produkte. Čeprav so izmerjene koncentracije več redov pod SLDK, pa je z občutljivimi meritvami možno izpopolniti obstoječe modele širjenja onesnaženja v okolici NEK.

1. UVOD

V prvem letu delovanja jedrske elektrarne Krško je identifikacija sevalcev gama z metodo visokoločljivostne spektrometrije gama vsebovala velik del programa nadzora okolja ⁽¹⁾, ki se po pogodbi med NEK in IJS izvaja v bližnji okolici NEK in na slovenskem delu Save.

Program spremljanja obratovanja NEK je bil sestavljen in izpopolnjen glede na izkušnje iz predobratovalnega obdobja ^(2,3).

2. VPLIV EMISIJ SEVALCEV GAMA IZ NEK NA SAVO IN PODTALNICO

Kot je razvidno iz poročila NEK o emisijah, so bili v letu 1982 izpusti sevalcev gama v vodo sorazmerno nizki ⁽⁴⁾. V celem letu je bila emisija približno $3 \cdot 10^{10}$ Bq/a. Glavnino so predstavljali aktivacijski produkti ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{54}Mn , od fisiskih

produktov pa sta omembe vredna le ^{137}Cs in ^{131}I .

Ker je bila radioaktivnost padavin v letih 1981 in 1982 nizka, se vsebnost umetnih radioizotopov v Savi in podtalnici znižuje. Tako vsebnost ^{137}Cs v Savi in vrtinah letos redko preseže 1 Bq/m^3 ($0,03 \text{ pCi/l}$), velikokrat pa je padla celo pod spodnjo mejo občutljivosti, ki je znašala običajno okrog $0,3 - 0,5 \text{ Bq/m}^3$ ($\sim 0,01 \text{ pCi/l}$). Dodatnega prispevka NEK k ^{137}Cs ni bilo opaziti.

Posledice emisij iz NEK je bilo v prvi polovici leta 1982 možno zaznati v vodi iz vrtine 11 (blizu NEK), kjer je bilo od marca 1982 do julija 1982 redno možno zaznati aktivacijska produkta ^{58}Co ($2-5 \text{ Bq/m}^3$) in ^{60}Co ($1-2 \text{ Bq/m}^3$), občasno pa tudi sledove ^{54}Mn ($\sim 0,5 \text{ Bq/m}^3$) in ^{51}Cr ($\sim 0,5 \text{ Bq/m}^3$). Te koncentracije so nekaj redov velikosti pod SLDK. V drugi polovici l. 1982 teh izotopov, ki jih je glede na deklarirane emisije možno pripisati delovanju NEK, v vodi iz vrtine 11 ni bilo več opaziti.

V Savi pri Brežicah smo v nasprotju s tem zaznali kobaltova izotopa od junija dalje, vendar v še nižji koncentraciji kot v vrtini 11. Le v avgustu in septembru 1982 so koncentracije ^{58}Co , ^{60}Co , ^{54}Mn dosegle 10 Bq/m^3 . V sedimentih, suspendirani snovi in vodi Save smo občasno zaznali tudi jod, vendar ga ni možno povsem enolično pripisati vplivu NEK. Vpliv onesnaženja Save na podtalnico v niže ležečih vrtinah na desnem bregu Save je bil le redko opazen; pa še ta na spodnji meji določljivosti.

Korelacija med izpusti NEK ⁽⁴⁾ in izmerjenimi koncentracijami v Savi je bila sorazmerno dobra, čeprav vzorčevanje ni bilo kontinuirano.

Radionuklidi, značilni za izpuste NEK, so se v sedimentih in suspendirani snovi Save nizvodno od NEK pojavili v drugi polovici l. 1982. Koncentracije so zelo nizke, v sedimentih je bilo n.pr. tipično $0,5 - 1 \text{ Bq/kg}$ ^{58}Co , ^{60}Co , ^{54}Mn in ^{95}Zr , kar je manj kot bi pričakovali glede na koncentracije v vodi.

V ribah, ujetih nizvodno od izpusta NEK ni bilo možno zanesljivo ugotoviti povečanja radioaktivnosti glede na predobratovno obdobje in glede na ribe, ujete nad NEK. V nekaterih vzorcih je sicer opaziti sledove ^{58}Co in ^{60}Co , dovolj zanesljivo pa je določen le ^{51}Cr v enem vzorcu podusti iz Jesenic pri Bregani.

Zaključiti velja, da je bilo z metodo visokoločljivostne spektrometrije gama možno v letu 1982 dovolj zanesljivo ugotoviti

in spremljati posledice sorazmerno nizkih emisij NEK v vodotoke.

Ugotovljene koncentracije radionuklidov iz NEK ali njihove gornje meje so nekaj redov velikosti manjše kot je najvišja srednja letno dovoljena koncentracija (SLDK) posameznih radionuklidov v okolju.

3. ZRAK

Koncentracijo ^{131}J v zraku smo merili na petih lokacijah v okolici jedrske elektrarne. Zrak smo črpali skozi filtre z aktivnim ogljem. Aktivnost filtrov smo merili v dvotedenskih intervalih. Prečrpani volumen zraka v tem času je znašal med (odvisno od vremenskih pogojev) med 600 in 1100 m³. Meritve radioaktivnosti smo uskladili s časi izpustov iz zadrževalnega hrana.

Količino ^{131}J smo merili z visokoločljivim spektrometrom za žarke gama. Občutljivost merilne metode je med $1 \cdot 10^{-4}$ in $3 \cdot 10^{-4}$ Bq/m³. Evaluacija merskih podatkov je pokazala, da je bila koncentracija radioaktivnega joda pod mejo občutljivosti, razen pri dveh meritvah v novembru. Pri teh meritvah je bila koncentracija ravno na spodnji detekcijski meji. Prisotnosti radioaktivnih žlahtnih plinov v filtrih nismo ugotovili, razen v enem primeru v decembru 1982. Glede na nizke pretoke zraka, ki so potrebni za dobro adsorpcijo joda in nizke emisije sevalcev gama v zrak (4) ni bilo pričakovati imisijskih koncentracij velikostnega reda 10^{-4} Bq/m³, ki bi jih še zaznali na teh filtrih.

Na Ge(Li) spektrometru smo analizirali tudi pepel mesečnih vzorcev zračnih filtrov, ki jih je zbiral ZVD iz Ljubljane. Kljub prečrpani mesečni količini 10000 m³ v njih nismo zaznali radionuklidov, emitiranih iz NEK. Prevladoval je delež ^7Be in v manjši meri ^{226}Ra .

4. RADIOAKTIVNOST PRIDELKOV IN HRANE

Koncentracije radioaktivnih izotopov v živilih smo merili z visokoločljivimi gama spektrometri v mleku, sadju, zelenjavi, žitaricah in stročnicah. V letu 1982 smo analizirali 80 vzorcev živil. V teh vzorcih smo poleg naravnih sevalcev ugotovili le prisotnost ^{137}Cs , ki pa ga ne gre pripisati delovanju NEK. Analize teh vzorcev ne kažejo razlik v primerjavi s predobratovalnim obdobjem.

5. ZAKLJUČEK

Na podlagi spremljanja obratovanja jedrske elektrarne Krško v letu 1982 sklepamo, da smo z metodo visokoločljivostne spektrometrije gama dosegli zadostno natančnost, ki omogoča spremljanje nizkih izpustov NEK v okolje.

ABSTRACT. Measurements of radioactive contamination of the environment resulting from the operation of the nuclear power plant Krško are described. Especially by the low level Ge(Li)-spectrometry it was possible to study radioactive contamination of the river Sava down from Krško and its influence on the underground-water near the river. By collection and evaporation of 50 l of water activation products like ^{58}Co , ^{60}Co and other were detected in the solid residuum.

LITERATURA

1. U.Miklavžič, Program obratovalnih meritev radioaktivnosti v okolici NEK, IJS 1982
2. D.Brajnik, Zbornik del posvetovanja "Jedrske elektrarne in zaščita pred sevanji, Čatež 1980, 134
3. D.Brajnik et all., Zbornik X. Jug. simp. o zaščiti od zračenja, Arandelovac 1979, 336
4. Poročilo o izpustih iz NEK v l. 1982, NEK, februar 1983

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 juni 1983

Nada HORVATINČIĆ, Dušan SRDOČ, Bogomil OBELIĆ, Ines KRAJCAR
Institut "Ruder Bošković", 41001 Zagreb, PP 1016

i

Adela SLIEPČEVIĆ
Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

PRAĆENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI TRICIJA U ŠIREM OKOLIŠU NE KRŠKO

SAŽETAK: U Institutu "Ruder Bošković" konstruiran je specijalni višežičani proporcionalni brojač za mjerenje sadržaja tricija u uzorcima vode. Od 1976 godine kontinuirano se mjeri koncentracija aktivnosti tricija u mjesečnim oborinama Zagreba. Ljubljana i Plitvička jezera su kasnije uključeni u sistematska mjerenja. Rezultati se publiciraju u IAEA Technical Reports Series, Environmental Isotope Data: World Survey of Isotope Concentration in Precipitation. Koncentracija aktivnosti tricija dosta fluktuirala zavisno o godišnjem dobu, a kreće se od 20 Bq/l (180 Tj) ljeti 1976 godine, pa do 1,2 Bq/l (10 Tj) zimi 1982 godine. Općenito je primijećeno postepeno opadanje koncentracije tricija u oborinama.

Od posebnog je interesa aktivnost tricija u rijeci Savi kraj Zagreba (Podsused), oko 30 km nizvodno od NE Krško. Mjerenja se provode kontinuirano od 1976 godine nadalje. Dosadašnja mjerenja pokazuju da nema razlike u koncentraciji aktivnosti tricija u Savi prije i poslije početka rada NE Krško.

UVOD

Sistematska mjerenja tricija započela su u svijetu prije gotovo tri desetljeća, poslije prvih termonuklearnih eksplozija kad su u biosferu dospjele velike količine tricija. Njegovim uključivanjem u hidrološki ciklus povećala se specifična aktivnost oborinskih, podzemnih i površinskih voda širom svijeta. Pri naglom razvoju nuklearnih prostrojenja trebalo je računati s novim izvorima tricija, koji pri rutinskom radu, a naročito pri nezgodama, može dospjeti u okoliš. Zbog toga je postalo nužno pratiti njegovu koncentraciju aktivnosti u okolišu u prvom redu zbog zaštite ljudskog zdravlja.

Koncentracija aktivnosti tricija mjerila se sporadično već prije početka termonuklearnih pokusa od 1951 godine kada se nakon njegovog otkrića u vodama (1) pratila prirodna produkcija i dinamika rasprostranjenosti tricija u biosferi. Koncentracija aktivnosti tricija u atmosferi bila je u to doba oko 0,6 Bq/l, u atmosferskoj vlazi oko 0,5 - 1,2 Bq/l i oko 0,12 Bq/l u površinskim vodama (2).

Nakon termonuklearnih eksplozija slika raspodjele prirodnog tricija potpuno je prekrivena umjetno proizvedenim tricijem daleko veće koncentracije aktivnosti. Tako je npr. koncentracija aktivnosti tricija u atmosferskoj vlazi porasla na ~ 740 Bq/l u 1960 godini (2). Maksimalna koncentracija tricija u oborinama zabilježena 1963 godine iznosila je u kontinentalnoj kiši 780 Bq/l (3). U maritimnoj kiši specifična aktivnost je niža zbog razrijeđivanja s isparenom vodom oceana, te je izmjereno oko 240 Bq/l. Danas se koncentracija aktivnosti tricija znatno smanjila zbog njegovog radioaktivnog raspada i manje intenzivnog nadoknađivanja nuklearnim eksplozijama tako da se u oborinama kreće oko 5 Bq/l.

Pri radu reaktora oslobadaju se velike količine tricija koje odlaze u okoliš u obliku radioaktivnog plinovitog i tekućeg otpada. U tablici br. 1 dan je pregled oslobođene aktivnosti tricija po GWe za plinovite i tekuće otpade ovisno o vrsti reaktora (4).

TAB br. 1. Godišnja aktivnost tricija ispuštena u okoliš iz raznih tipova reaktora po 1 GWe

Vrsta reaktora	Aktivnost (TBq)	
	tekući otpad	plinoviti otpad
s vrelom vodom	1,7	0,7
s tlačnom vodom	29,6	1,3
s teškom vodom	1850	1850
bizi oplodni	2,2	2,2

Na osnovu produkcije i raspodjele tricija iz svih izvora u svijetu, znanstvenici u NCRP (National Council for Radiation Protection and Measurements) (4) izračunali su da će godišnji prirast ukupne aktivnosti tricija u plinovitom otpadu ove godine iznositi $2,4 \cdot 10^5$ TBq, a u tekućem $3,2 \cdot 10^4$ TBq. Prema njihovim proračunima do 2000 godine će taj prirast rasti i u atmosferi će se udvostručiti, a

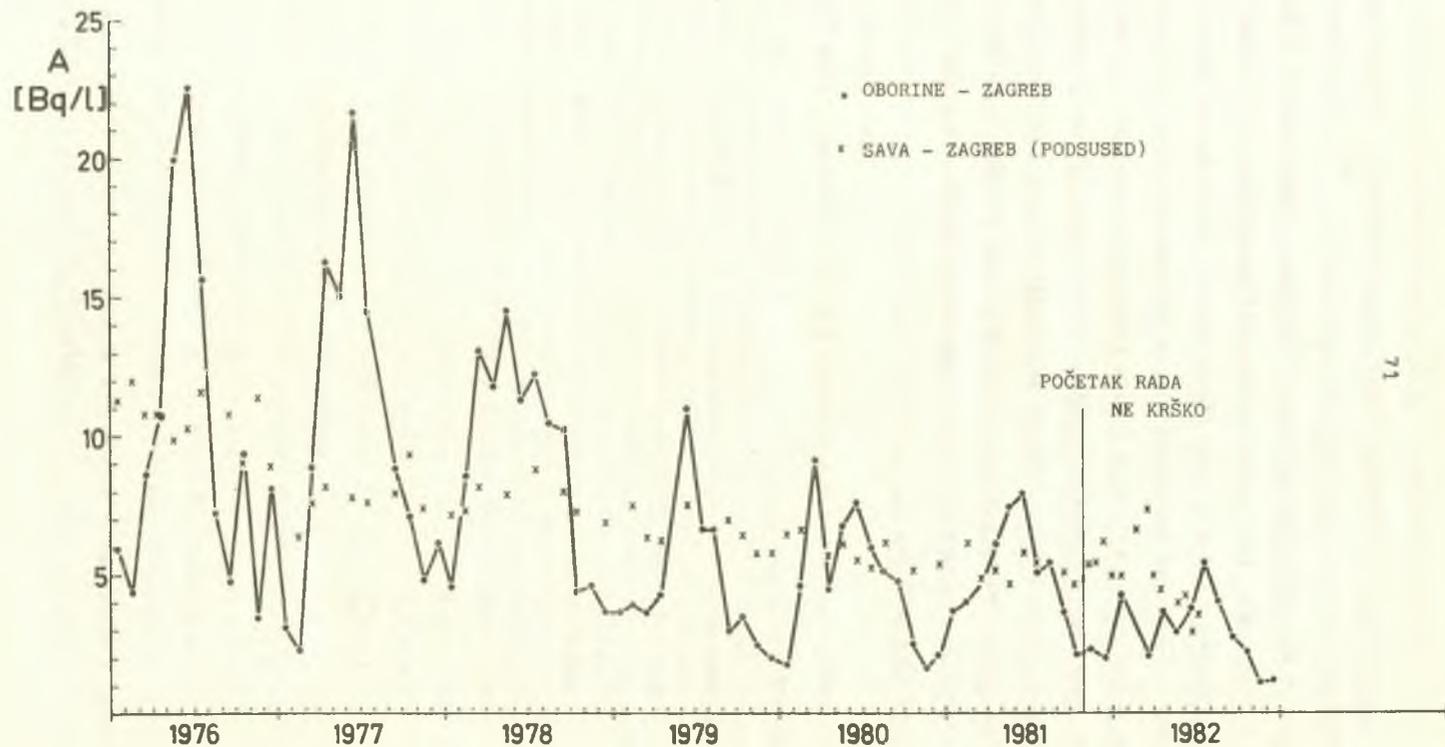
u tekućem otpadu učetvorostručiti. Izračunato je također koliko se aktivnosti ukupno nakupilo u okolišu od pojedinih izvora tricija. U 1983 godini aktivnost tricija od nuklearnih pokusa iznosit će $37 \cdot 10^6$ TBq, od prirodnih izvora oko $2,6 \cdot 10^6$ TBq, od nuklearnih postrojenja $1,85 \cdot 10^5$ TBq, a od ostalih izvora $6,7 \cdot 10^5$ TBq, dakle ukupno oko $40 \cdot 10^6$ TBq. S obzirom na opću težnju u svijetu da se smanji broj termonuklearnih pokusa te zbog smanjenja aktivnosti radioaktivnim raspadom, znanstvenici prognoziraju do 2000 godine pad ukupne aktivnosti tricija za cca 50%. Računa se da će se aktivnost koja potječe od termonuklearnih pokusa smanjiti za 60%, ali će ipak aktivnost tricija iz nuklearnih postrojenja porasti čak sedamnaest puta zbog porasta svjetskih potreba za energijom nuklearnog porijekla u nedostatku ostalih izvora energije.

MJERENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI TRICIJA U OBORINAMA I U RIJECI SAVI

Cjelokupni postupak mjerenja koncentracije aktivnosti tricija u vodi obuhvaća slijedeće operacije: sakupljanje uzorka vode, kemijska priprema uzorka, mjerenje aktivnosti tricija proporcionalnim brojačem, te statistička obrada podataka. Za jednu analizu potrebno je 50 ml vode koja se kemijskom reakcijom s aluminijevim karbidom prevodi u metan. Pročišćenim metanom puni se višežičani proporcionalni brojač, a samo mjerenje aktivnosti traje 24 sata. Cjelokupni postupak pripreme i mjerenja te uređaji opisani su u radovima 5 i 6.

Za praćenje koncentracije aktivnosti tricija u prirodnim vodama, bilo površinskim ili podzemnim, nužno je praćenje koncentracije aktivnosti tricija u oborinama. U našem Laboratoriju redovito se mjeri koncentracija aktivnosti tricija u mjesečnim oborinama Zagreba od 1976 godine. Oborine se sakupljaju standardnim kišomjerom koji je postavljen na Institutu "Ruder Bošković".

Rezultati dosadašnjih mjerenja koncentracije aktivnosti tricija u oborinama Zagreba prikazani su na slici 1. Sistematska mjerenja zadnjih 7 godina pokazuju da se koncentracija aktivnosti tricija u oborinama periodički mijenja tokom godine. Općenito, maksimalne koncentracije aktivnosti tricija pojavljuju se krajem proljeća i ljeti, dok su minimalne koncentracije izmjerene u zimskim mjesecima. Periodičke promjene koncentracije aktivnosti tricija u oborinama posljedica su strujanja slojeva stratosfere i troposfere ovisno o godišnjem dobu. Osim toga, koncentracija aktivnosti tricija u oborinama pokazuje tendenciju stalnog smanjenja. Tako je u Zagrebu u 1982 godini maksimalna vrijednost iznosila $5,3 \pm 0,3$ Bq/l, dok je ljeti 1976. iznosila $22,6 \pm 0,3$ Bq/l.



Sl. 1. Koncentracija aktivnosti tricija u oborinama - Zagreb i u rijeci Savi kraj Zagreba (Podsused).

Osim u Zagrebu, koncentracija aktivnosti tricija u oborinama mjeri se još na dvije kontrolne točke: u Ljubljani i na Plitvičkim jezerima. U Ljubljani se, u suradnji s Institutom "Jožef Stefan", Odsek za spektroskopiju, od 1981 godine mjere koncentracije tricija i stabilnih izotopa deuterija i ^{18}O u oborinama. Rezultati mjerenja koncentracije ovih izotopa zajedno s meteorološkim podacima (temperatura i tlak zraka, tlak vodene pare i količina oborine) iz Zagreba i Ljubljane šalju se svake godine u IAEA (International Atomic Energy Agency) i time se uključuju u mrežu od 164 stanica širom svijeta. Rezultati izotopnih mjerenja oborina redovito se publiciraju u IAEA Technical Reports Series, Environmental Isotope Data: World Survey of Isotope Concentration in Precipitation.

Dosadašnja mjerenja koncentracije aktivnosti tricija u oborinama Zagreba, Ljubljane i Plitvičkih jezera pokazuju uglavnom slične aktivnosti. U tablici 2 dane su koncentracije aktivnosti tricija u oborinama Zagreba, Ljubljane i Plitvičkih jezera za 1981 godinu.

TAB br. 2. Mjesečne koncentracije aktivnosti tricija u oborinama tokom 1981 godine (Bq/l)

	Zagreb	Ljubljana	Plitvice
Januar	3,7 ± 0,2		2,5 ± 0,2
Februar	4,1 ± 0,2		3,4 ± 0,2
Mart	4,8 ± 0,2		5,0 ± 0,2
April	6,1 ± 0,2		6,9 ± 0,2
Maj	7,5 ± 0,2	8,4 ± 0,3	5,3 ± 0,2
Juni	8,0 ± 0,2	9,9 ± 0,3	8,1 ± 0,2
Juli	5,1 ± 0,2	6,5 ± 0,3	7,3 ± 0,2
August	5,4 ± 0,2	6,7 ± 0,3	6,1 ± 0,2
Septembar	3,7 ± 0,2	3,1 ± 0,3	4,8 ± 0,3
Oktobar	2,1 ± 0,3	2,2 ± 0,3	2,8 ± 0,3
Novembar	2,3 ± 0,3	2,9 ± 0,3	2,4 ± 0,3
Decembar	2,1 ± 0,3	1,8 ± 0,3	1,7 ± 0,3

Paralelno s praćenjem koncentracije aktivnosti tricija u oborinama od 1976 godine kontinuirano smo mjerili i koncentraciju aktivnosti tricija u rijeci

Savi kraj Zagreba. Uzorci vode uzimaju se jednom do dva puta mjesečno kod mosta u Podsusedu. Kao što je vidljivo sa grafičkog prikaza (sl. 1) koncentracija aktivnosti tricija u Savi uglavnom je ujednačena, nema izraženih periodičkih promjena kao kod oborina, ali je također vidljiv postepeni pad koncentracije aktivnosti. Srednja koncentracija aktivnosti tricija 1981 godine u Savi iznosila je $5,3 \pm 0,3$ Bq/l, a u oborinama Zagreba $4,7 \pm 0,3$ Bq/l. Posebno je interesantna usporedba koncentracije tricija u Savi prije i poslije početka rada NE Krško. Iako se mjesto uzimanja uzoraka vode nalazi oko 30 km nizvodno od NE Krško, bilo kakve promjene u koncentraciji aktivnosti tricija uslijed rada NE Krško bile bi vidljive i na ovoj točki. U samom početku rada NE Krško uzorci vode su se uzimali svakodnevno radi bolje kontrole. Dosadašnja mjerenja pokazala su da je koncentracija aktivnosti tricija u Savi ostala nepromijenjena nakon početka rada NE Krško, tj. kreće se oko 5 Bq/l (sl. 1).

ABSTRACT: Measurements of tritium activity in precipitation and surface water has been conducted since 1976 at several sampling sites in Western Yugoslavia. Zagreb (population 850 000) lies 30 km downstream from nuclear power plant Krško, on Sava river which is used for cooling the power plant 632 MWe PWR system. Ljubljana (population 310 000) is located 80 km W of power plant. Both cities were selected as sampling sites because of their population density and convenient locations with respect to the predominant NW winds. The third sampling site, Plitvice Lakes lies 130 km S of Krško in a sparsely populated area. Results of tritium concentration measurements in precipitation and river water are presented in form of a graph and a table. No increase of tritium levels was observed after beginning of full scale operation of nuclear power plant Krško.

LITERATURA

1. Grosse A.V et al., Science, 113, 1 (1951).
2. Budnitz R.J., Health Physics, 26, 165 (1974).
3. IAEA, Technical Reports Series No. 91, Vienna, (1968).
4. Florkowski T., Fizika, 12(S2), 69 (1980).
5. Obelić B., Horvatinčić N., Sliepčević A., Srdoč D., Symposium on Investigation, Exploitation and Economy of the Underground Waters, Proceedings, 259B, Zagreb, (1978).
6. Horvatinčić N., Fizika 12(S2), 201 (1978).

XIII. Jugoslovenski simpozijum o zaščiti od zračenja
Ohrid, 31. maj - 3. jun 1983

I. Kobal, M. Škofljanec, F. Kaluža

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, 61001 Ljubljana

Radioaktivnost v okolju kot posledica
fosfatne industrije

Rezime: - Raziskali smo onesnaženje okolja z Ra-226 potomcem razpada urana-238, zaradi predelave fosfatov v Tovarni kemičnih izdelkov Hrastnik. Izmerjena je bila količina radija v surovinah in odpadnih materialih, ki jih tovarna deloma odlaga v potok Boben. Določene so bile tudi hitrosti izluževanja radija iz gipsa in usedlin ter difuzijski koeficienti v teh materialih.

U v o d

K povečanju radioaktivnosti okolja prispevajo v veliki meri tudi nekatere tovarne s klasičnimi tehnologijami kot so termoelektrarne in tovarne za predelavo fosforitov (1,2). Radioizotopi, ki nastanejo v tem primeru so potomci razpada U-238 .

Med temi je najnevarnejši Ra-226, ki je eden od najbolj radiotoksičnih elementov nasploh. Pri predelavi fosforita z žvepleno kislino se radij, ki ima podobne kemijske lastnosti kot kalcij, nabira v obliki sulfata v fosforgipsu. Del odpadkov T K I pride v potok Boben, kjer se radij polagoma izlužuje, vsled česar je bilo ugotovljeno povečanje aktivnosti vzdolž potoka do izliva v Savo. Na hitrost izluževanja radija iz fosforgipsa, vplivajo številni faktorji, katere v celoti ni mogoče kvantitativno zajeti.

Pri raziskavah hitrosti izluževanja smo se zato omejili na določitev vpliva nekaterih elektrolitov na izluževanje in pa določitev difuzijskih koeficientov radija v nekaterih odpadnih vodah.

Vzorčevanje

Fovprečni vzorci fosforita so bili pobrani v T K I februarja 1982. Istočasno so bili vzeti vzorci fosforgipsa in fosfatnega iztoka. Sedimenti so bili vzeti v potoku Boben pred in za T K I .

Eksperimentalno delo

Radij v vodi je bil določen po sorpcijsko - emanacijski metodi (3), radij v fosforitu, fosforgipsu in sedimentih pa po emanometrično - kemičnem postopku.

Izluževanje radija smo določili v 1000 ml plastičnih posodah, v katere smo dali okoli 50 g sedimenta ali fosforgipsa in prelili z 500 ml raztopine. Količino radija v raztopini smo merili po različnih časih.

Za določitev difuzijskih koeficientov, smo v plastični posodi zmešali fosforgips in raztopino. Po eni uri, ko se je trdna faza usedla in raztopina razbistrila, smo jo previdno odlili in dobili svežo raztopino. Sistem smo pustili mirovati različne čase in nato določili vrednost radija v raztopini. Difuzijske koeficiente smo izračunali po enačbi (4):

$$D = \frac{A^2 \cdot \pi \cdot l^2}{A_1^2 \cdot t}$$

kjer je A aktivnost radija za $x > 0$ v času t, A_1 je začetna aktivnost radija za $x < 0$ v času $t=0$, l je višina vode oziroma fosforgipsa v posodi in t je čas difuzije. Enačba velja za primer, ko je dolžina sistema na vsaki strani faze meje naskončna.

Ker so difuzijski koeficienti relativno nizki, je mogoče gornjo enačbo z dobrim približkom uporabiti tudi v našem primeru.

Rezultati in diskusija

Radij-226 je eden najbolj radiotoksičnih elementov. Je α -aktiven, $E_{\alpha} = 4.78 \text{ MeV}$ in z razpolovno dobo $T_{1/2} = 1600$ let.

V človeškem organizmu se nabira predvsem v kosteh. Dovoljni četrtletni vnos v telo znaša oralno $2.4 \cdot 10^{-2} \text{ } \mu\text{Ci}$, z inhalacijo pa $1.8 \cdot 10^{-2} \text{ } \mu\text{Ci}$.

Količine radija v nekaterih surovinah in produktih tovarne T K I so naslednje: - fosfati, fosforgips, fosfatni iztok in gipsni iztok vsebujejo 648, 502, 803, 161 Bq radija na kilogram (5).

Izpiranje Ra-226 iz fosforgipsa je prikazano na Tabeli 1. Raztopine, ki so bile izbrane, so imele različen pH in ionsko sestavo, da bi ugotovili eventualen vpliv teh dveh faktorjev na izluženje.

Rezultati kažejo, da pH raztopine nima takega posebnega vpliva na izluževanje. Najhitrejše izluževanje je opaženo v raztopinah Na_2SO_4 . Verjetno pride do tvorbe koloidnih raztopin radijevega sulfata.

Časovni potek izpiranja Ra-226 iz usedline T K I je prikazano v Tabeli 2. Kot je pričakovati, s časom narašča količina radija v vodni fazi.

Tabela 1 . Ispiranje Ra-226 iz gipsa T K I z različnimi raztopinami.

raztopina soli	čas izlužev. (ur)	A(Ra)trdn.f. (Bq/m ³)	A(Ra)tek.f. (Bq/m ³)	pH
K ₂ CO ₃	20	960	9.6	10.9
KH ₂ PO ₄	20	1420	14.2	4.5
Na ₂ SO ₄	20	5656	56.5	8.4
K ₂ CO ₃	200	2596	25.9	10.9
KH ₂ PO ₄	200	2912	29.1	4.5
Na ₂ SO ₄	200	9520	95.5	8.4
K ₂ CO ₃	400	3504	35.0	10.9
KH ₂ PO ₄	400	3600	36.0	4.5
Na ₂ SO ₄	400	10300	105	8.4

Tabela 2 . Ispiranje Ra-226 iz gipsa T K I in usedline fosfatnega iztoka z 0.1 M Na₂SO₄

material	čas izp. (ur)	A(Ra)tek.faza (Bq/m ³)	% izl. Ra
gips	20	2.2	0.4
	40	3.8	0.6
	80	5.8	1.0
	200	7.0	1.2
fosf.iztok	20	1.5	0.3
	40	2.4	0.5
	80	2.9	0.6
	200	7.3	1.6

V Tabeli 3 so prikazani difuzijski koeficienti radija-226 v fosforgipsu, fosfatnem iztoku in sedimentu Bobna. Difuzijski koeficienti omogočajo izračun transporta radija iz trdne faze v tekočo, za vse mogoče pogoje.

Tabela 3 . Difuzijski koeficienti za Ra-226 v raznih materialih.

m a t e r i a l	čas difuzije (ur)	$D \cdot 10^8$ (cm^2/s)
g i p s	40	2.4
	80	2.9
	200	1.7
fosf. iztok	40	1.6
	80	2.6
	200	2.8
sedim. Bobna	40	3.1
	80	2.6
	200	3.1

Vrednosti difuzijskih koeficientov varirajo od 1.6 do 3.1 $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$, kar je nekje med difuzijskimi koeficienti za raztopine, ki so vedno velikosti $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$. Iz tega lahko zaključimo, da poteka transport radija v gornjih snoveh v glavnem po raztopini, ki je med trdnimi delci materiala.

Abstract

The environmental contamination with Ra-226, the most toxic member of U-238 series, due to phosphate industry has been investigated. The radium content in the raw material and wastes was determined and the leaching from the wastes was observed. Also the diffusion coefficients of Ra-226 in the solid wastes were determined.

Literatura

1. R.F. Kaufmann, J.D. Bliss, U S E P A, Office of Radiation Programs, Las Vegas, E P A / 520-6-77-010 .
2. I. Kobal, M. Škofljanec, M. Treul, I J S DP-2126, nov. (1980).
3. I. Kobal, M. Šahin, J. Kristan, M. Senegačnik, Health Phys. 27 (1974) 381 .
4. K. Južnič, Vestnik, Slov. Kem. Druš. 27, 3 (1980) 229 .
5. I. Kobal, I J S Delovno poročilo DP-2434, nov. (1981) .

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Nadežda Ajdačić i Miljenko Martić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, OOUR Institut
za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita",
p.fah 522..11001 Beograd

UTICAJ PEPELIŠTA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA
NA STEPEN KONTAMINACIJE POVRŠINSKIH VODA
RADIOAKTIVNIM MATERIJAMA

REZIME

U periodima ekstremnih vodostaja, tokom više godina, praćena je totalna beta radioaktivnost vodotoka Dunava. Predmet ovoga rada je profil "Ram" na kome su opažane znatne fluktuacije nivoa radioaktivnosti, što je ukazivalo na mogući uticaj pepelišta termoelektrane u Kostolcu. Eksperimentalni rezultati rada potvrdili su ovu pretpostavku. U radu je dat pregled promena totalne beta radioaktivnosti u osmogodišnjem periodu na profilu "Ram" i diskutovan je nadjeni sadržaj ^{40}K i ^{226}Ra u otpadnim materijalima sa pepelišta termoelektrane u Kostolcu.

UVOD

U okviru redovnih istraživanja radioaktivnosti vodotoka većih reka u SR Srbiji, opažena su znatnija povećanja kontaminacije uzoraka sakupljenih u blizini termoelektrana. Povremeno, ova povećanja kontaminacije nalažena su i na većim rastojanjima. Tako je npr., kod Rama na Dunavu ustanovljen i do 200 puta viši nivo radioaktivnosti od višegodišnje srednje vrednosti za ovaj vodotok.

Pošto se lokalne promene radioaktivnosti delova vodotoka velikih reka mogu da događaju jedino antropogenim uticajem, izvršena je prospekcija terena šireg priobalja uzvodno od profila Ram i zaključeno je da je izvor kontaminacije ove vrste, pepelište termoelektrane Kostolac, što je kompleksnijim istraživanjem i potvrđeno.

DISKUSIJA EKSPERIMENTALNIH REZULTATA

Analiza višegodišnjih rezultata određivanja totalne beta radioaktivnosti na eksperimentalnom profilu "Ram", pokazuje da je radioaktivna komponenta, skoro redovno, vezana za suspendovani materijal i da, zavisno od hidrometeoroloških uslova i vrste korišće-

nih ugljeva u TE Kostolac, nivo dobijenih vrednosti varira u granicama od 0,03 kBq/kg do 181,3 kBq/kg suspendovanog materijala, sušenog na 105°C. Vrednost od 181,3 kBq/kg, ustanovljena oktobra meseca 1979.godine, predstavlja 60 puta veći iznos od maksimalne, a preko 200 puta veći iznos od srednje višegodišnje vrednosti totalne beta radioaktivnosti za ovaj profil. (v. objašnjenje dato uz pregled u prilogu).

Kako je i 1980.godine, takodje, bila znatnije povišena radioaktivnost na profilu "Ram", to se od 1981.godine pristupilo detaljnijem rasmatranju uticaja pepelišta TE Kostolac na nivo radioaktivnosti vodotoka Dunava nizvodno od ušća Mlave.

Prvim analizama radioaktivnosti suspenzije voda-pepeo, kojom se otpadni materijal iz TE odstranjuje do deponije, ustanovljen je nivo radioaktivnosti oko 4 puta viši od empirijski utvrđenih, prihvatljivih granica, ali ekvivalentan onom kod profila "Ram". U jesenjem periodu, pak, konstatovan je znatno viši nivo radioaktivnosti na izlívnoj cevi iz TE no na profilu "Ram", pa je pristupljeno detaljnijoj analizi materijala sa pepelišta.

Iz sadržaja ukupnog kalijuma, odredjenog gravimetrijskom metodom nakon taloženja K pomoću natrijumtetrafenilborata (Ref.1.), izračunat je doprinos ^{40}K ukupnoj totalnoj beta radioaktivnosti tečne faze suspenzije (ona je dominantni nosilac radioaktivnosti) i svodjenjem bilansa ustanovljeno je prisustvo i drugih radioaktivnih materija, budući da je doprinos radioaktivnosti ^{40}K ukupnoj radioaktivnosti iznosio oko 32%.

Izvršena gamaspektrometrijska analiza pepela, potvrdila je prisustvo prirodno radioaktivnih nuklida U - Ra i Th - niza. Identifikacija pojedinih radionuklida izvedena je preko karakterističnih linija totalne apsorpcije gama zračenja.

Kvantitativno je odredjen samo sadržaj ^{226}Ra , čije su linije u gama spektrima bile statistički najbolje definisane. Zbog nedostatka adekvatnih standarda u pogledu geometrije merenja, samo orijentaciono je utvrđeno da je aktivnost, koja potiče od ovog radionuklida, reda veličine 0,2 Bq/kg suvog pepela izdvojenog iz suspenzije, što predstavlja deo prvobitno prisutne količine, budući da je deo prešao u tečnu fazu. Nadjenoj aktivnosti odgovara masa od 2×10^{-9} gr ^{226}Ra /t suvog pepela iz suspenzije.

Obzirom na količine ovog materijala koje se odlažu na deponiju (u manjim TE i preko 100.000 t pepela/god.), a imajući u vi-

du procese transporta radioaktivne komponente putem površinskih, spirnih i podzemnih voda i obzirom na nuklearne karakteristike radioizotopa U-238 niza, ovi nivoi radioaktivnosti, iako relativno niski, nisu zanemarljivi sa aspekta zaštite stanovništva od jonizujućeg zračenja. Ovo, posebno, kada se ima u vidu činjenica da je kontaminacija Dunava opažana povremeno čak kod Rana.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati ukazuju na potrebu redovnije kontrole radioaktivnosti okoline termoelektričnih postrojenja i korišćenje sakupljenih podataka za sistematski pristup istraživanju korelacija koje postoje između povišenog stepena radioaktivne kontaminacije životne sredine i hidrometeoroloških uslova. Preko tako dobijenih empirijskih faktora koji definišu migraciju radionuklida kroz tlo i sistem podzemnih i površinskih voda, mogao bi da bude predložen vid saniranja pepelišta i šljakišta termoelektrana na način koji će u manjoj meri da ugrožava prirodnu sredinu.

Od posebnog je značaja, već u ovoj fazi istraživanja, uočavanje činjenice da je radioaktivna komponenta vezana i za čvrstu fazu, te pri povećanim atmosferskim padavinama, kada je spiranjem povećan unos kontaminanta u Dunav, efekat kontaminacije ne može da bude ublažen razblaživanjem, već se kontaminant vezan za suspendovani materijal transportuje do većih rastojanja—do mesta gde biva deponovan, a potom, u uslovima mirnih voda (niskog vodostaja), radionuklidi migriraju u tečnu fazu, odakle preko lanca ishrane doprevaju do čoveka.

ABSTRACT

The total beta radioactivity of the Danube river flow was followed during many years in the periods of extremely high water levels. The object of the present paper was the investigation of the RAM profile where considerable fluctuation of radioactivity levels had been observed, pointing out to possible effects of ash depositions of the thermoelectrical plant station in Kostolac.

The obtained experimental results have proved the assumption.

The variation of the total beta radioactivity on the profile RAM during eight years has been presented in the paper and the obtained ^{40}K and ^{226}Ra contents in the waste material from the depositions have been discussed.

REFERENCE

1. Milošević Z., Horšić E., Bauman A. i Kljajić B.
Veterinaria 26, 4, Sarajevo 1977., str.536.

Prilog

Pregled promena radioaktivnosti vodotoka Dunava na profilu Ram u periodu od 1974 - 1982.godine i podaci za pepelište TE Kostolac u 1981.godini

Godina	Faktor povećanja aktivnosti ⁺⁾	
	Proleće	Jesen
1974.	U granicama normale	3,5 puta više od maksimalne, a 11,5 puta više od srednje vrednosti
1975.	3 puta više od maksimalne, a 10 puta više od srednje vrednosti	Isto kao u prolećnom periodu
1976.	U granicama normale	U granicama normale
1977.	Nije radjeno	Nije radjeno
1978.	Na nivou max vrednosti	Na nivou max vrednosti
1979.	Ispod nivoa srednje vrednosti	60 puta više od maksimalne, a 200 puta više od srednje vrednosti
1980.	4 puta više od maksimalne, a 17 puta više od srednje vrednosti	U granicama normale
1981.	4 puta više od srednje vrednosti	U granicama normale

⁺⁾ Faktori povećanja aktivnosti računati su u odnosu na MAKSIMALNU vrednost totalne beta radioaktivnosti za profil kod Rama u periodu 1974 - 1982. Izuzimajući ekstremno visoke vrednosti, $A_{max} = 3,0$ kBq/kg suvog suspendovanog materijala. Srednja vrednost $A_{20} = 0,9$ kBq/kg.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

B.Pucelj, R.Martinčič

Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani

KONCENTRACIJE NARAVNE RADIOAKTIVNOSTI V
TEHNOLOŠKEM PROCESU

POVZETEK Naravni radioaktivni izotopi so v določeni meri prisotni v vsem človekovem okolju. Posamezne človekove dejavnosti lahko nehoti privedejo do koncentriranja naravnih izotopov v taki meri, da nakopičena aktivnost znatno preseže vrednosti, ki so sicer značilne za običajno okolje. V tem prispevku obravnavamo primer kopičenja izotopov naravnih verig ^{232}Th in ^{238}U na določenih mestih v kemijski tovarni, ki predeluje rudo z relativno nizko vsebnostjo izotopov obeh naravnih verig.

Na določenih mestih v kemijski tovarni za proizvodnjo titanovega dioksida so sodelavci Mobilne enote Ekološkega laboratorija Instituta "Jožef Stefan" v Ljubljani z merilniki Berthold IB 1200 namerili hitrosti doze, ki so znatno presegle ozadje. Medtem ko je tipično ozadje znašalo približno $0,1 \mu\text{Sv/h}$, so kontaktne meritve ob stenah nekaterih posod, cevi in filtrov pokazale tudi do $50 \mu\text{Sv/h}$. Preliminarna analiza odvzetih vzorcev na visokoločljivostnem spektrometru gama je pokazala, da se na teh mestih nabirajo izotopi naravnih radioaktivnih verig ^{232}Th in ^{238}U .

S podrobnejšim pregledom obrata je bilo potrebno odgovoriti predvsem na sledeči vprašanji:

- odkriti pot, po kateri izotopi pridejo v proizvodni proces in ugotoviti njihovo gibanje v samem procesu
- ugotoviti stopnjo ogroženosti delavcev zaradi odkrite radioaktivnosti.

V ta namen smo še enkrat opravili podroben pregled celotnega obrata z merilniki hitrosti doze. Prostori s povišano hitrostjo doze predstavljajo približno 10 % celotne površine obrata. Na vseh teh mestih smo opravili tudi meritve koncentracije ^{222}Rn in ^{220}Rn v zraku ter odvzeli vzorce za spektroskopijo gama, na enem mestu pa črpali zrak skozi filter in naknadno opravili spektroskopijo gama. Koncentracija obeh žlahtnih plinov v zraku je bila na vseh dostopnih mestih pod detekcijsko mejo uporabljenega merilnika (20 Bq/m^3 za ^{222}Rn in 50 Bq/m^3 za ^{220}Rn). V zračnem filtru pa smo odkrili le ^{212}Pb ($0,26 \text{ Bq/m}^3$). Dodatno smo vzeli vzorce vseh tistih produktov, ki v znatni količini vstopajo v proces ter končnih in odpadnih produktov.

Visokoločljivostna spektroskopija gama je pokazala, da izotopi iz obeh naravnih verig pridejo v proizvodni proces z rudo ilmenitom (FeTiO_3) iz Avstralije, ki od vseh vstopnih produktov edini vsebuje znatnejše koncentracije naravnih radioaktivnih izotopov (170 Bq/kg ^{232}Th , 85 Bq/kg ^{238}U , oba v ravnovesju s potomci). Iz analize ostalih vzorcev je bilo razvidno, da se ti izotopi kopičijo v samem obratu, zlasti na gumijastih stenah nekaterih posod, cevi in na filtrih, kjer smo našli do $0,39 \text{ MBq/m}^2$ ^{232}Th in do $0,16 \text{ MBq/m}^2$ ^{238}U . Koncentracija izotopov v končnem in odpadnih produktih je bila velikostnega reda vrednosti za pitno vodo.

ABSTRACT Natural radioactive isotopes are to some extent present in all man's environment. Certain human activities can unintentionally result in a concentration of natural isotopes to much higher levels than those typically found in the environment. A case is reported of a concentration of isotopes from the natural series ^{232}Th and ^{238}U in a chemical factory which uses an ore with a relatively low contents of isotopes of both series.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj- 3 juni 1983

HAJDUKOVIĆ DANILO

Klinički Centar Medicinskog fakulteta u Beogradu
OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović", Deligradska 29, Beograd

AKTUELNI PROBLEMI ZAŠTITE U NEURANSKIM RUDNICIMA
ZLETOVSKO - KRATOVSKO OBLASTI

REZIME Geološki sastav ove rudne zletovsko-kratovske oblasti, pored olovno-cinkanih ležišta poseduje i uranska orudnjenja tako da je do 1968 godine postojao i istražni uranski rudnik.

Kontrola radioaktivnosti u jamama olovno-cinkanih metaličnih rudnika Zletova i Sasa obavlja se od 1961 godine. Izmerene su koncentracije radona 222 i potomaka radona u velikom rasponu, od 185 Bq/m^3 odn. $0,025 \text{ WL}$ pa do $3,7 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ odn. 5 WL u rudniku Zletovo, odnosno do veoma visokih koncentracija na novim istragama u rudniku Sase do $3,7 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$ odn. 50 WL .

Pretežno korišćena prirodna ventilacija u oba rudnika pokazala se neupotrebljivom za najveći deo jama a povremeno uvođenje mehaničke separate ventilacije snižava visoke koncentracije radona i potomaka nedovoljno i kratkotrajno. Uvođenje mehaničke ventilacije postalo je odavno obaveza ali s obzirom na rasgranatost podzemnih radova i udaljenost radilišta iziskuje znatna materijalna sredstva i posebnu stručnost.

UVOD Literaturni podatci ukazuju često na visoke koncentracije radona 222 i potomaka u rudnicima raznih metaličnih ruda, koji imaju sekundarne pojave uranskih orudnjenja, koja nisu od značaja za eksploataciju ali često dovoljna da kontaminiraju rudnik radonom i njegovim potomcima. Opisani su rudnici hematita, tungstena, litijuma, zlata i drugi a u našoj zemlji predmet istraživanja pored uranskih rudnika bili su rudnici metaličnih ruda olova, cinka, žive, antimona, bakra i hematita (1)

Pedesetih godina, u vreme intenzivnih geoloških istraživanja uranskih pojava u reonu Zletovsko-kratovske oblasti, nadjena su izvesna uranska orudnjenja (pehblenda) i u rudniku metaličnih ruda olova i cinka Zletovo kod Probištipa. Kasnije su u blizini izvorišta Zletovske Reke vršeni istražni uranski radovi do 1968 godine. Prva merenja koncentracije radona 222 u vazduhu radne sredine rudnika Zletovo (izmerena je najveća koncentracija Rn reda $60 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$) ukazala su na potrebu kontrole ovog rudnika. Prva merenja koncentracije radona 222 u rudniku metaličnih ruda

V ta namen smo še enkrat opravili podroben pregled celotnega obrata z merilniki hitrosti doze. Prostori s povišano hitrostjo doze predstavljajo približno 10 % celotne površine obrata. Na vseh teh mestih smo opravili tudi meritve koncentracije ^{222}Rn in ^{220}Rn v zraku ter odvzeli vzorce za spektroskopijo gama, na enem mestu pa črpali zrak skozi filter in naknadno opravili spektroskopijo gama. Koncentracija obeh žlahtnih plinov v zraku je bila na vseh dostopnih mestih pod detekcijsko mejo uporabljenega merilnika (20 Bq/m^3 za ^{222}Rn in 50 Bq/m^3 za ^{220}Rn). V zračnem filtru pa smo odkrili le ^{212}Pb ($0,26 \text{ Bq/m}^3$). Dodatno smo vzeli vzorce vseh tistih produktov, ki v znatni količini vstopajo v proces ter končnih in odpadnih produktov.

Visokoločljivostna spektroskopija gama je pokazala, da izotopi iz obeh naravnih verig pridejo v proizvodni proces z rudo ilmenitom (FeTiO_3) iz Avstralije, ki od vseh vstopnih produktov edini vsebuje znatnejše koncentracije naravnih radioaktivnih izotopov (170 Bq/kg ^{232}Th , 85 Bq/kg ^{238}U , oba v ravnovesju s potomci). Iz analize ostalih vzorcev je bilo razvidno, da se ti izotopi kopičijo v samem obratu, zlasti na gumijastih stenah nekaterih posod, cevi in na filtrih, kjer smo našli do $0,39 \text{ MBq/m}^2$ ^{232}Th in do $0,16 \text{ MBq/m}^2$ ^{238}U . Koncentracija izotopov v končnem in odpadnih produktih je bila velikostnega reda vrednosti za pitno vodo.

ABSTRACT Natural radioactive isotopes are to some extent present in all man's environment. Certain human activities can unintentionally result in a concentration of natural isotopes to much higher levels than those typically found in the environment. A case is reported of a concentration of isotopes from the natural series ^{232}Th and ^{238}U in a chemical factory which uses an ore with a relatively low contents of isotopes of both series.

olova i cinka Sase kod M.Kamenice ,ukazivala su na tolerantne koncentracije radona do 370 Bq/m^3 tako da posle toga duže vreme nije vršena kontrola .

METODOLOGIJA I MERENJE

Merenje koncentracija radona 222 u vazduhu radne sredine vršeno je sa neznatnim prekidima počev od 1961 odn. 1964 u Zletovu i od 1966 u Sasama . U manjem obimu vršena su posebno i merenja kratkoživećih radonovih potomaka :Po 218,Pb 214,Bi 214 i Po 214. Merenje koncentracija radona obavljano je uzimanjem uzoraka u scintilacione bočice , kratkoživećih potomaka na filter papiru i korišćenje scintilacionih brojača (1,2).

Koncentracije radona ,odn. potomaka radona , merene su na radilištima prilikom raznih radnih operacija :bušenje, posle miniranja, za vreme utovara, za vreme transporta , na reskrstnicama hodnika gde se sučeljavaju ili račvaju ventilacione struje i na ostalim mestima gde se zadržavaju radnici .

Merenja su vršena i na istražnim radovima,na izlaznim ventrenim strujama i napuštenim radilištima tj, gde se mogu očekivati najveće koncentracije radona .

Treba napomenuti da je u rudnicima korišćena pretežno prirodna ventilacija i da su koncentracije najveće ,kada dodje do izjednačavanja temperatura i pritiska jamskog vazduha sa spoljnim , tada vazduh miruje i dolazi do nagomilavanja i radona i potomaka u radnim prostorijama u jami. Tek nakon probijanja ventilacionih uskopa i povremenim uvodjenjem mehaničke ventilacije na pojedinim delovima jame koncentracije radona su pokazivale pad . O ovome se pisano radovima (3,4)

Ukazali bi i na činjenicu da je do 1979 godine bila u upotrebi povoljnija MDK za radon 222 od 11.100 Bq/m^3 (tada 300 pCi/l) a kasnije u smislu SGDK-srednje godišnje dozvoljene koncentracije (S.L.SFRJ 32/79) od 1.100 Bq/m^3 (u uporedjenju sa ranijom MDK 30 pCi/l) deset puta strožija - tako da sa se ranije dobijeni rezultati merenja mogli donekle i tolerisati a sada takve koncentracije predstavljaju poseban problem da se dovedu na tolerantan nivo.

REZULTATI MERENJA I DISKUSIJA

Rezultati svih kontrolnih merenja sredjeni su tabelarno i za rudnik Zletovo (tab.1) i za rudnik Sasa (tab.2) ,po godinama uzimajući u obzir koncentracije izmerene na radnim mestima.

Za odredjen broj merenja prikazane su srednje vrednosti koncentracija radona ($\overline{C_{Rn}}$) sa standardnim devijacijama izraženo u Bq/m^3 . Koncentracije radonovih potomaka prikazane su u working level-ima (WL) i i kumulativnim WL za mesec dana za 170 radnih časova (CWLM). Vrednosti WL uradjene su na osnovu srednje vrednosti koncentracije radona uzimajući da se u izmerenom uzorku radona posle uravnoteženja nalazi 50% radonovih potomaka, tj. za faktor ravnoteže $F=0,5$ ima se $F=(100 \times WL):C_{Rn}$ gde je C_{Rn} dato u (pCi/l)

Iz Tab. 1 - za rudnik Zletovo- evidentno je da su srednje vrednosti koncentracija radona u padu počev od 1977 godine kada se najviše uradilo na uvodjenju mehaničke ventilacije i probijanju dva ventilaciona vertikalna okna, ali i pored toga postoji stalno, znatno prisustvo radona. Utisak je, da koliko god da se uredi na ulaganju u sredstva za potrebe ventilacije, toliko se zbog stalnog napredovanja i produžavanja hodnika (koji se mere kilometrima) izgubi na njenoj efikasnosti. Poseban problem predstavlja i korišćenje dugih hodnika gde se odvija transport, istovremeno prolaz ljudstva i izlazne zagadjene vazdušne struje.

Na Tab.2 - za rudnik Sasa- koncentracije radona 222 su date za tri jame posebno, zbog nešto različitih vrednosti srednjih koncentracija radona, naročito prvih godina merenja. Jame su na izvesnim delovima spojene, dolazi do mešanja vazdušnih struja pa se i u drugim delovima jame rudnika pojavljuju veće koncentracije nego ranije. Koncentracije radona su najveće u delu jame "SR", naročito u smeru prostiranja istražnih hodnika koje idu u ogranke Osogovskih planina u smeru severo-zapad. Napomenućemo, da je to prostiranje u smeru Zletovske reke gde su ranije vršene uranske istrage.

Te abnormalno visoke koncentracije otkrivene su 1976 godine i još uvek se nalaze u tim hodnicima dosta radona sa tendencijom laganog opadanja. Radovi su obustavljeni za sada, ventilacije nema, ma da se na jednom hodniku koristi čelo hodnika za okretište transportnih vagona. Može se smatrati da radon dolazi iz pukotina geomase Osogovskih planina nakon narušene geostrukture miniranjem i dezintegracijom stena istražnim radovima. Ove maksimalno izmerene koncentracije radona po godinama su:

Godine:	1976	1977	1978	1979	1981	1982
($\times 10^3 Bq/m^3$)	354	163,5	309,4	431	469,3	99,9

Koncentracije Rn 222 u vazduhu u jamama rudnika
ZLETOVO - Probištup od 1961 do 1983 godine

TAB.1

GOD.	Ms	Broj merek (n)	KONCENTRACIJA Rn 222 (Bq/m ³)			WL	CWLM
			Max.	\overline{C}_{Rn}	\pm SD		
1961	VI	57	49.210	19.508	\pm 13761	2,63	447
1964	VII	52	60.273	16.709	\pm 14240	2,26	384
1965	VII	22	17.464	9.226	\pm 4.069	1,25	212
1966	II	44	17.908	6.917	\pm 5.242	0,93	159
	XI	40	31.968	18.176	\pm 8.280	2,45	416
1967	VI	28	5.846	3.237	\pm 1.174	0,43	74
	XI	16	3.922	2.446	\pm 827	0,33	56
1968	VII	30	11.470	2.746	\pm 4.042	0,37	63
1970	IV	38	7.030	2.570	\pm 1.257	0,35	60
	VI	34	30.636	7.733	\pm 8.010	0,10	18
1971	VII	24	28.046	12.184	\pm 7.681	1,65	280
1972	VII	39	27.898	7.159	\pm 6.772	0,97	165
1974	VI	50	12.395	2.924	\pm 3.438	0,40	67
	X	67	34.040	4.502	\pm 5.934	0,61	103
1975	IX	90	22.385	4.778	\pm 3.898	0,65	110
1977	VI	74	20.387	4.489	\pm 3.626	0,60	102
1978	XI	88	4.218	750	\pm 703	0,10	18
1979	X	79	5.957	1.686	\pm 1.244	0,23	39
1982	V	82	10.545	2.463	\pm 2.137	0,33	56
	X	83	7.585	2.249	\pm 1.612	0,30	52

suma n=1037

Koncentracije Rn 222 u vazduhu u jamama rudnika
SASA -Mak.Kamenica od 1966 do 1983 godine

TAB.2

GOD.	Ms	Jm	Broj merna nja (n)	KONCENTRACIJA Rn 222(Bq/m ³)			\overline{WL}	\overline{CWLIM}
				Max.	$\overline{C_{Rn}}$	\pm SD		
1966	II		12	370	246	\pm 80	0,033	5,6
	IV		14	5.920	919	\pm 1.499	0,124	22,1
1970	X	SR	29	8.843	1.554	\pm 1.856	0,21	35
		KR	18	444	296	\pm 89	0,04	7
1974	VI	SR	14	4.773	2.377	\pm 1.010	0,31	53
		KR	11	795	546	\pm 189	0,07	12
1975	IX	SR	44	17.760	5.143	\pm 3.688	0,70	118
		KR	18	1.628	1.050	\pm 403	0,14	24
1976	IX	SR	28	99.900	4.869	\pm 18.648	0,66	112
		KR	22	1.702	590	\pm 359	0,08	13
1977	IV	SR	34	3.158	1.063	\pm 932	0,14	24
		KR	25	1.406	937	\pm 428	0,13	21
1978	XI	SR	30	2.368	853	\pm 666	0,12	20
		KR	22	9.472	1.054	\pm 1.887	0,14	24
		GR	5	1.036	536	\pm 370	0,07	12
1979	X	SR	27	11.433	1.637	\pm 2.330	0,22	39
		KR	21	962	355	\pm 250	0,20	35
		GR	12	4.440	1.550	\pm 1.317	0,14	23
1981	VI	SR	34	7.326	2.124	\pm 1.420	0,24	40
		KR	12	2.035	690	\pm 476	0,09	16
		GR	8	2.886	1.165	\pm 777	0,16	27
1982	V	SR	28	4.995	6.431	\pm 19.680	0,87	147
	X	SR	25	48.285	3.368	\pm 10.044	0,45	77
	V	KR	22	1.813	2.197	\pm 4.307	0,30	51
	X	KR	11	999	349	\pm 234	0,05	8
	V	GR	15	1.776	646	\pm 470	0,09	15
	X	GR	14	1.406	484	\pm 365	0,07	11

suma n=555

Započeta merenja u novom rudniku (Pb, Zn) Turanica na Osogovskim planinama koji se nalazi severno od Sase, pokazuju u hodnicima koji su najviše napredovali ka severo-zapadnim hodnicima Sase, znatna povećanja koncentracija radona reda do $25 \times 10^3 \text{ Bq/m}^3$, uz upotrebu prirodne ventilacije .

ZAKLJUČAK

-Iz literaturnih podataka i napred iznetog, mogu se očekivati visoke koncentracije radona i potomaka ,posebno u ovoj Zletovsko-kratovskoj rudnoj oblasti . Koncentracije radona, pokazalo se mogu biti znatne u samom početku kontrole i ostati takve, u drugom slučaju mogu biti u početku tolerantne a kasnije veoma visoke.

-Postavlja se problem zaštite u ovakvim rudnicima; nedovoljna regulativa ,iskustva prakse nedovoljna, problemima identičnim za uranske rudnike prilazi se neadekvatno , potrebna znatna ulaganja za mehaničku ventilaciju nego u slučaju kada nema radioaktivnih pojava ,potrebna češća kontrola koncentracija i zdravstveni pregledi radnika kao za uranske rudnike .

...

ACTUAL PROBLEMS ON PROTECTION IN NON-URANIUM MINES OF REGION ZLETOVO- KRATOVO

Summary: Besides lead-zinc layers in the mining region Zletovo-Kratovo the geologic composition contains uranium ore in traces too. So, an experimental uranium mine had existed there until 1968.

The level of radioactivity in the pits of lead-zinc metal mines Zletovo and Sase has been controlled since 1961. Concentrations of radon 222 and its daughters were found to be within an extensive range from 185 Bq/m^3 , namely 0.025 WL up to $3.7 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$, namely 5 WL in mine Zletovo, i.e. a very high concentrations were found to range up to $3.7 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$, namely 50 WL in the new research areas in mine Sase.

Natural way of ventilation mostly used in both mines showed to be useless for the most area of the pit, and temporary introduction of local mechanical ventilation has resulted in a inadequate and undurable lowering of high concentrations of radon and its daughters. Introduction of an adequate mechanical ventilation has become necessary a long time ago, but due to extended underground works and remoted working places this would require a considerable investment and high skilfulness.

Bibliografija :

- (1) Hajduković D., Doktorska disertacija, Rud.Geo.Fak. Univ. u Beogradu (1976)
- (2) Hajduković D., Zbornik radova, VII Jugosl. simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari, tr 406-412 (1973)
- (3) Hajduković D., Kunevski N.: Zbor. radova VI Jug. simpoz. o zašt. od zračenja, Ohrid, str 473-480 (1972)
- (4) Hajduković D., Panov D.: Zbor. radova V. Jugosl. kongresa medicine rada, Ohrid, str 333, No 169 (1979)

Т. Анвоски, Р. Дрешковик, Б. Минчева, П. Нагурова, ХХХ, З. Хајивевски

Х Центар за примена на радиозотопи во стопанството "Скопје"

ХХ Институт "Борис Нидрич", Београд

ХХХ Факултет за физика, Скопје

УТВРДУВАЊЕ НА РАДИОБЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РЕНАТА ВАРДАР

РЕЗИМЕ: Со цел да се утврдат радиоблошките карактеристики на рената Вардар, проблематика која бара мултидисциплинарен приод, преј неопходно е започнато биохемиски, радиолошки и други истражувања. Чиија реализација е во тек. Со улогата на неутронска активациона анализа определена е концентрацијата на ²³⁵U, ²³⁸U и др. во различните компоненти на вардарскиот речен систем и добиена е глобална слика за нивната дистрибуција. Во радиолошките истражувања покрај определувањето на вкупната бета активност, била вклучена и определувањето на специфичните активности на U, Th, Ra-226, K-40, ¹³⁷Cs, ¹³⁷Sr и др. во приморциите на вода, храна, околно земјиште и др. давајќи значаен показател за придонесот што го прават определувањето радиозотопи во севкупното зрачење, присутно во околината.

УВОД

Утврдувањето на радиоблошките карактеристики на континенталните водени системи (реки и акумулации) претставуваат значајни системи водени кои имаат за цел, пред сè да придонесат кон поцелосна ражувања /1-3/ кои имаат за цел, пред сè да придонесат кон поцелосната заштита на водените ресурси толку потребни за човекот во неговата секојдневна работа и живеење. Во општите настојувања да се заштитат водите на вардарскиот речен систем кои имаат извонреден значај за севкупниот стопански и живот во нашата Република се започнала радиоблошките истражувањата кои вклучуваат покрај другите и биохемиски, радиолошки и хидролошки истражувања се очекува истите да придонесат особено кон установањето на временската и просторна дистрибуција како на стабилните такви и на радиоактивните изотопи, посебно на оние кои се определуваат со својата висока радиотомографичност како ⁹⁰Sr, ²²⁶Ra и др. укажувајќи притоа на нивната изворност (природна или како резултат на човековите активности) и можностите и можностите врз човековот.

Овие истражувања делумно се помогнати од Републиката заедница на научните дејности од Скопје и од МААБ (Меѓународна агенција за атомска енергија) преку проектот УОГ/9/011.

Со помош на неутронска активациона анализа одредувана е дистрибуцијата на Co, Fe, Zn, Sb и др. во различни компоненти на вардарскиот речен систем (растворени, суспендирани и материјали од дното на реката, поедини примероци на флора и фауна како и примероци на подземни води и околно земјиште). Имајќи го предвид сличното физичко-хемиско однесување на соодветните радиоактивни изотопи ^{60}Co , ^{59}Fe итн, можна е идентификацијата на нивните критични патишта на транспорт и акумулација.

Со цел да се утврди нивото на радиоактивноста долж вардарскиот речен систем, покрај одредувањето на вкупната бета и тритиумска активност, извршени се и прелиминарни одредувања на специфичните активности на C, Th, ^{40}K , ^{226}Ra , ^{137}Cs и др. во примероци на вода храна, околно земјиште и др.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Колектирањето на примероци за активационски анализи, извршено е од повеќе профили долж реката Вардар и тоа: I-Вруток, II-с.Жилино, III-С.Јегуновце, IV-с.Рашче, V-Снопје влез, VI-Снопје излез, VII-Т.Велес и VIII-Криволак. Нивото на радиоактивноста утврдена е воглавно на профилите III и VIII. Детални податоци за употребените материјали и применетите мерни техники, дадени се во претходно објавените трудови /4-6/.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Добиените резултати од активационските анализи на поедините компоненти на вардарскиот речен систем покажаа зголемени парцијални концентрации за Fe и Zn во однос на другите посматрани елементи за 2-5 реда на големина. За разлика од Co и Fe кои покажуваат зголемени концентрации во растворените материјали од профилот V, Zn и Sb имаа зголемени вредности кај профилите III и VIII респективно. Додена дистрибуцијата на концентрациите на Sc во растворените материјали од реката Вардар покажа тенденција на опаѓање во правец на течението на реката, кај профилот VI забележен е максимален фактор на акумулација како во суспендираниот така и во материјалите од дното на реката односно околното земјиште.

Во Табела-1 прикажани се односите на концентрациите за поедини елементи во посматраните примероци колектирани во мај 1981 и средните концентрации од 4 изоркувања на водата од реката Вардар. Евидентна е акумулацијата на Co, Fe, Sc и Sb во земјата и рибите, на

Sb во пченицата и на сите посматрани елементи во алгите.

ТАБЕЛА - 1 Однос на концентрациите на поедини елементи во различни примероци и водата од реката Вардар (примероците беа колектирани на 13.05.1981)

профил	однос	Sb	Sc	Zn	Fe	Co
	$R_1 = \frac{C_1}{C_0}$	94	197	2	715	410
	$R_2 = \frac{C_2}{C_0}$	153	506	66	409	653
VIII	$R_3 = \frac{C_3}{C_0}$	a	21	35	4	6
	$R_4 = \frac{C_4}{C_0}$	487	3	14	1	1
	$R_5 = \frac{C_5}{C_0}$	a	3	19	3	a
III	$R_6 = \frac{C_6}{C_0}$	198	667	169	208	271

концентрации на поедини елементи во: C₁-наводнувана земја, C₂-риба, C₃-трева, C₄-пченица, C₅-јајца, C₆-алги, C₀-реката Вардар, a-не е одредувано.

Иако резултатите од радиолошките мерења се во границите на очекуваните вредности, за разлика од тритиумските концентрации кои во преципитатите и вардарските води бележат опаѓање со времето и се во границите од 3,6 до 8,9 Bq/l, извесна тенденција на зголемување на вкупната бета активност во примероците на површинските (вардарски) и подземни води, како и во наводнуваната земја, јајцата, месото и сирањето од локалитетот Криволак во последните неколку години е евидентна. Некои примероци на храна, како што се сирањето и јајцата во 1981 г. покажаа вкупна бета радиоактивна содржина од 74 односно 174 Bq/kg, респективно, што е за 2 односно 4 пати поголема во споредба со вредностите добиени во 1979 г. Интересен е фактот што пуштањето во работа на фабриката за производство на фосфатни ѓубрива, лоцирана недалеку од Т.Велес и која користи сировини со зголемена радиоактивна содржина е во коинциденција со појавата на повишена радиоактивност на низводната локација Криволак.

Во Табелата-2, прикажани се резултатите од одредувањето на $\bar{D}_{пр}$.

Th, и ^{40}K во поедини компоненти од реката Вардар и покажуваат зголемени вредности во однос на реката Дунав /7/. ^{226}Ra беше исто така одредуван во суспендираниот и материјалите од дното на реката Вардар и покажа вредности помали од 10^{-12} g/g.

ТАБЕЛА -2 U, Th и ^{40}K во некои компоненти на вардарскиот речен систем дадени во Bq/l или kg

профил	примерок	датум на узоркување	U природен	$^{232}\text{Th} + ^{228}\text{Th}$	^{40}K
VIII	вода од р. Вардар	мај 1981	$9,9 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$
	подземни води	мај 1981	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$0,4 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$
III	сусп. мат. од р. Вардар	ноемв. 79	$3,0 \cdot 10^2$	$0,8 \cdot 10^2$	$5,5 \cdot 10^2$
	седименти р. Вардар	ноемв. 79	$10,2 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^2$

Додека концентрацијата на ^{137}Cs во суспендираниот и материјалите од дното на реката Вардар беа помали од 3 Bq/kg., вредностите за концентрацијата на ^{90}Sr во водите од реката Вардар и подземните води нај локацијата Криволак беа помеѓу 1 и 3 Bq/l.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на извршените испитувања и добиените резултати кои иако се од прелиминарен карактер, извесни заклучоци сепак може да се направат,

- Избраната методологија се покажа како ефикасна за предвидените истражувања;
- Активационите анализи укажаа на местото на појава и акумулација на поедини елементи вдолж вардарскиот речен систем;
- Иако радиолошките мерења покажаа дека нивото на радиоактивноста е во границите на очекуваните вредности сепак извесна е тенденцијата на зголемена радиоактивна содржина во примероците на површинските (вардарски) и подземни води и примероци на храна и земја од локацијата Криволак.
- Потребно е понатамошно систематско следење како на вкупната бета радиоактивност така и на специфичните активности на присутните радионуклиди во вардарскиот речен систем, преку кое покрај другото

би се добил одговор и за причините на зголемената радиоактивна содржина на локацијата Криволак.

ABSTRACT: In attempt to determine the radioecological characteristics of the Vardar river, a study which needs a multidiscipline approach, biogeochemical, radiological parallel with other investigations has been initiated. The concentration of Co, Fe, Zn, Sb and other elements in different components of the Vardar river system by using Neutron Activation analysis were determined and a general scope for their distribution has been obtained. Total beta radioactivity as well as specific activity for U, Th, Pa-226, K-40, H-3, Cs-137 and Sr-90 in different samples from the investigated area were also determined enabling us to establish the contribution of each observed radioisotopes to the environmental irradiation.

РЕФЕРЕНЦИ

1. Proceedings of Symposium "Radioecology Applied to the Protection of Man and his Environment" EUR 4800, d-p-i-e, Luxemburg (1972)
2. "International Studies on the Radioecology of the Danube river" IAEA-TEC.DOC.-219, Vienna, 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).
4. T.Anovski, C.Stoilovski, P.Kirkov: "Praćenje prirodne distribucije tritijuma u čovekovoј okolini", ZBORNIK VII Jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari 22-26 oktobar 1973, str. 236.
5. 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, str. 337.
6. T.Anovski et al. "Doprinos studiji radioekologije reke Vardar" Zbornik radova XI Jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti od zračenja, Portorož 21 - 24.04.1981, str.73.
7. Gh.Furnica, Research Report IAEA's 5th Research coordination Meeting "The Problems of Radioecology of Danube River", Piestany, ČSSR, 11 - 15 October 1982.

XII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31.05. - 03.06.1983.

Dobroslav Cesar, Djuka Stampf, Alica Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. Zagreb

PRIRODNA RADIOAKTIVNOST U ZRAKU

Sažetak: U radu su prikazani rezultati gamaspektrometrijske analize uzoraka zraka sa jednog mjesta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj tokom 1982. godine. Uzorci zraka sakupljeni su svakodnevno na filter papir propuštanjem velikog volumena zraka. Trodnevni uzorci analizirani su Ge-Li detektorom sa 1024 kanalnim analizatorom. Od prirodnih radionuklida registriran je stalno berilij - 7 u mjerljivim količinama. Talij-208, aktinij-228, bizmut-214 i kalij-40 nisu registrirani u svim uzorcima, a gdje su registrirani bili su u vrlo malim količinama.

Uvod

Zbog postojanja i rada nuklearne elektrane u Krškom provodi se između ostalog i gamaspektrometrijska kontrola prisutnosti radioaktivnog materijala u zraku na području sjeverozapadne Hrvatske.

Gamaspektrometrijskom analizom uzoraka zraka osim podataka o očekivanim radionuklidima, koji se mogu nalaziti u zraku kod pojedinih okolnosti rada nuklearne elektrane, moguće je sakupiti podatke o radionuklidima prirodnog porijekla. Njihova prisutnost u zraku otežava kvalitativno i kvantitativno određivanje radionuklida čije bi porijeklo u određenim okolnostima moglo biti iz nuklearne elektrane. Zbog toga je potrebno poznavati kvalitativnu i kvantitativnu strukturu prirodnih radionuklida u zraku.

U ovom radu prikazani su podaci o radionuklidima prirodnog porijekla koji su se nalazili u uzorcima zraka sakupljenim tokom 1982. godine na jednom mjestu u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Uzorci zraka sakupljeni su svakodnevno propuštanjem zraka kroz filter papir.

Rezultati

Trodnevni uzorci su analizirani gamaspektrometrijski sa Ge - Li detektorom i 1024 kanalnim analizatorom između petog i desetog dana poslije sakupljanja. Prosječni volumen zraka trodnevnog uzorka iznosio je 3014 m^3 .

Dobiveni podaci prikazani su u TAB.1. Brojevi u stupcima O, R i D TAB.1 su postoci broja uzoraka mjeremih u 1982. godini čiji su rezultati mjerenja bili slijedeći: U stupcu O, nije registrirana prisutnost pojedinog radionuklida. U stupcu R, registrirana je prisutnost pojedinog radionuklida, ali je aktivnost bila manja od vrijednosti koja se mjeri sa pouzdanom točnošću. Vrijednosti donje granice pouzdanosti izražene u mBqm^{-3} prikazane su u stupcu P. U stupcu D, registrirana je prisutnost pojedinog radionuklida čija je aktivnost bila veća od vrijednosti koja se mjeri sa pouzdanom točnošću.

TAB.1 : Postoci brojeva uzoraka u kojima jesu ili nisu registrirani pojedini radionuklidi i donje granice pouzdanosti mjerenja tih radionuklida izražene u mBqm^{-3} .

	O	R	D	P
^{208}Tl	35,0	65,0		0,41
^{228}Ac	45,3	53,8	0,9	0,32
^{214}Bi	20,5	76,9	2,6	0,13
^7Be		0,9	99,1	0,30
^{40}K	26,5	69,6	4,3	0,81

Podaci u TAB.1 pokazuju da je jedino barij radionuklid koji je u zraku prisutan u mjerljivoj količini. Njegova prosječna specifična aktivnost u 1982. godini iznosila je $2,99 \pm 1,66 \text{ mBqm}^{-3}$ uz standardnu pogrešku od 55%.

Srednja godišnja dozvoljena koncentracija u zraku životne okoline za ^7Be iznosi 730 Bqm^{-3} . Prema tome u 1982. godini stanovništvo sjeverozapadne Hrvatske bilo je opterećeno sa svega $0,8 \cdot 10^{-3} \%$ SGDK.

Z a k l j u č a k

Na temelju prikazanih podataka možemo zaključiti da je u zraku stalno prisutan berilij - 7 u mjerljivim količinama koje su mnogo manje od SGDK. Talij - 208, aktinij - 228, bizmut - 214 i kalij - 40 sadržani su u zraku u vrlo malim količinama. Zbog toga je određivanje njihove specifične aktivnosti u zraku otežano, a njihova prisutnost otežava mjerenje specifičnih aktivnosti drugih radionuklida koji se u određenim uvjetima mogu naći u zraku.

NATURAL RADIOACTIVITY IN THE AIR

The results of gamma spectrometric analysis of samples of air collected from a place in northwestern Croatia during 1982 are presented. The samples were collected daily on filter paper from a high volume of air. Three-day-old samples were analysed by means of a Ge-Li detector with a 1024 channel analyser. Of natural radionuclides beryllium - 7 was continuously determined in measurable quantities. Thallium - 208, actinium - 228, bismuth - 214 and potassium - 40 were either not detected in all samples or the amounts were very small.

Literatura

K.G.Vohra, U.C.Mishra, K.C.Pillai, S.Sadasivan: Natural Radiation Environment, Wiley Eastern Limited 1982.

+ + + + : Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije. Sl. SFRJ br 32 od 13.07.1979.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31, maj - 3 jun 1983.

Gordana Marović, Mirica Bajlo, i Alica Bauman
Institut za medicinska istraživanja
i medicinu rada Zagreb

ODREĐJIVANJE ^{90}Sr U ZRAKU

SAŽETAK

^{90}Sr odredjen je u uzorcima velikog volumena zraka (4000-13000 m^3), tokom 12 mjeseci. Radioaktivnost se kreće oko $2,7 \times 10^{-5}$ Bq/m^3 tokom 1981. godine.

Podaci se slažu s aktivnostima zabilježenim tokom 1981. godine u New Yorku, SAD i Francuskoj.

UVOD

Radionuklidi i njihovo zračenje imaju značajnu ulogu kao izvor radioaktivne zagađenosti čovjekove okoline jer su oni dugo prisutni u životnoj sredini i time znatno utječu na ravnotežu ekološkog sistema.

Pored prirodnih radioaktivnih nizova koji se nalaze u prirodi u manjoj ili većoj koncentraciji nalaze se i dugoživi fisioni produkti kao rezultat nuklearnih eksplozija koje su izvršene u atmosferi.

Fisioni produkti nastali nuklearnim eksplozijama još su uvijek glavni izvor radioaktivne kontaminacije jer se koncentriraju neposredno na površini tla.

Porast radioaktivnosti primjećuje se najkasnije 14 dana nakon nuklearnih eksplozija što ovisi o meteorološkim uvjetima. Do sada razlikujemo četiri razdoblja radioaktivne kontaminacije zraka i to od Hirošime do 1961. godine, zatim velike nuklearne pokuse 1961-1962 do 1964. godine kada je došlo do maksimalnog porasta radioaktivnosti. Od 1964 godine dolazi do polaganog pada radioaktivne kontaminacije i stagnacije. Neznatan porast zadnjih desetak godina potječe od povremenih kineskih nuklearnih pokusa.

EKSPERIMENTALNI DIO

^{90}Sr je određen u uzorcima velikog volumena zraka od 4000-13000 m³ sakupljenih tokom 24 sata prosječno 1000-1500 m³ dnevno na području Sjeverne Hrvatske tokom godine dana. Koriste se "glas fiber" filtri veličine 25 x 25 cm. Raščinjavanje se vrši smjesom kiselina HNO_3 i HCL , a daljnji postupak odvajanja ^{90}Sr radi se nitratomnom metodom. Nakon ekvilibrija broji se GM-brojačem.

REZULTATI

U tablici 1 nalaze se do sada poznati podaci za ^{90}Sr na teritoriju Jugoslavije izražene kao srednje vrijednosti ^{90}Sr u zraku za godine 1962-1966. (1)

Budući da se nakon toga prestalo s određivanjem ^{90}Sr u zraku, poslužili su podaci Svjetske zdravstvene organizacije od 1979. godine na ovamo kao baza. Prije toga ^{90}Sr u zraku nije mjereno.

Podaci se nalaze u tablici 2. (2)

Tablica 3 prikazuje podatke za ^{90}Sr u zraku u Hrvatskoj, blizu Zagreba, izmjerene tokom 1982. godine u IMI-u.

TABLICA 1.

^{90}Sr u zraku (1)

Godina	Godišnji prosjek mBq/m ³
1962	1,532
1963	2,689
1964	1,308
1965	0,481
1966	0,185

TABLICA 2.

 ^{90}Sr u zraku (2)

Godina	mBq/m ³
1979	0,009 - 0,022
1980	0,013 - 0,037
1981	0,012 - 0,041
1982	0,017 - 0,040

TABLICA 3.

 ^{90}Sr u zraku za 1982. godinu

Mjesec	mBq/m ³	protok (m ³)
siječanj	0,012	8569,9
veljača	0,006	6292,8
ožujak	0,009	8753,3
travanj	0,007	8097,8
svibanj	0,001	13286,3
lipanj	0,013	9200,4
srpanj	0,014	7281,1
kolovoz	0,016	7952,8
rujan	0,051	4884,7
listopad	0,010	4884,7
studeni	0,013	4454,8
prosinac	0,003	4103,1
prosjeck	0,013	7313,5

Protok (m³) daje ukupnu količinu uzorka korištenog za analizu.

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Koncentracije ^{90}Sr za 1962 - 1966. godinu kreću se od 0,185-2,689 mBq/m^3 . To je period velikih nuklearnih pokusa koji se odrazio i kod nas visokom aktivnošću. Od 1966. godine mjerenja ^{90}Sr u zraku nisu vršena jer je koncentracija postepeno opadala, pa je mogućnost kontaminacije proporcionalno smanjena. Tokom 1982. godine ^{90}Sr prisutan u zraku kretao se od 0,001 - 0,051 mBq/m^3 a u prosjeku iznosi 0,013 mBq/m^3 . Odnos koncentracija je za oko 200 puta manji od količine ^{90}Sr u zraku tokom 60-tih godina.

Vrijednosti koncentracije ^{90}Sr za 1982. godinu istog su reda veličine kao kod podataka Svjetske zdravstvene organizacije. One se kreću za 1982. godinu u prosjeku od 0,017 - 0,040 mBq/m^3 , te se nalaze daleko ispod SDGK.

SUMMARY

DETERMINATION OF ^{90}Sr IN THE AIR

^{90}Sr concentrations were determined in high-volume air samples (up to 10 000 m^3) during 12 months. In 1981 radioactivity varied around a value of $2.7 \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$. The results are in agreement with the activities recorded in the same year in New York, U.S.A. and in France.

LITERATURA

1. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji

RBIO 2/62	Beograd	1963,	str. 113.
" 3/33	"	1964,	str. 148.
" 4/64	"	1965,	str. 156.
" 5/65	"	1966,	str. 166.
" 6/66	"	1967	str. 185.

2. Environmental Health Monitoring	
Data on Environmental Radioactivity	
Rapport no.35(1979) (IRC) Le Vesinet	
" 37(1980)	"
" 40(1981)	"
" 46(1982)	"

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 OHRID, 31. maj - 3. juni 1983.

R. Kljajić, E. Horšić, Z. Milošević, A. Mihalj, D. Hasnbašić
 L. Saračević

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO
 71000 SARAJEVO, V. PUTNIKA 134.

NIVO AKTIVNOSTI Sr-90 i Cs-137 U LIŠAJU
 I MAHOVINI PLANINSKOG PODRUČJA BiH

REZIME

Ispitivan je nivo aktivnosti Sr-90 i Cs-137 u lišaju i mahovini sa nekoliko lokaliteta planinskog dijela BiH. Vrijednosti Sr-90 u lišaju kretale su se od 75,47 do 525,40 Bq/kg⁻¹ suhog uzorka, a u mahovini od 84,73 do 495,80 Bq/kg⁻¹ suhog uzorka. Istovremeno izmjerene vrijednosti Cs-137 kretale su se od 297,11 do 853,59 Bq/kg⁻¹ u uzorcima lišaja, a od 66,77 do 649,72 Bq/kg⁻¹ u uzorcima mahovine.

Dobijene vrijednosti su za red veličine veće u odnosu na vrijednosti dobijene za uzorke trave sa istih lokaliteta.

U V O D

Važnost Sr-90 i Cs-137 kao kontaminanata životne sredine u biološkom smislu proizilazi iz činjenice da oni spadaju u grupu toksičnih radionuklida. Pored toga oni se aktivno uključuju u lanac ishrane životinja preko biljaka a time dospavaju i u hranu čovjeka (1, 2, 3).

Pošto spadaju u dugoživeće radionuklide, moguće je njihovo kumuliranje u toku dužeg vremenskog perioda. Naročito visoku kumulaciju ovih radionuklida pokazuju neke višegodišnje biljke u prvom redu lišaj i mahovina (4, 5, 6).

Materijal i metode rada

Uzorci lišaja i mahovine uzimani su u količini od 3 - 5 kg na 5 lokaliteta planinskog područja BiH.

Nakon prethodne pripreme i mineralizacije uzoraka određen je nivo Sr-90 metodom ekstrakcije tributilfosfatom uz upotrebu itrijevog nosača a Cs-137 je određen gamaspektrometrijskom analizom uz upotrebu Ge (Li) detektora i 1024 kanalnog analizatora.

Rezultati i diskusija

Rezultati istraživanja prikazani su u tabelama 1 - 3. Radi poredjenja dobijenih vrijednosti za Cs-137 i Sr-90 u lišaju i mahovini uzeti su i uzorci trave sa istih lokaliteta a dobijene vrijednosti prikazane su u tabeli 3.

Analiza rezultata pokazuje signifikantne razlike nivoa aktivnosti ispitivanih radionuklida između uzoraka trave te lišaja i mahovine. Upoređujući dobijene vrednosti uočava se da uzorci lišaja i mahovine imaju za red veličine više vrednosti za oba radionuklida u odnosu na uzorke trave. Ova činjenica je vjerovatno posljedica razlika u dužini vegetiranja jer lišaj i mahovina spadaju u red višegodišnjih biljaka.

Nivoi aktivnosti Cs-137 i Sr-90 u uzorcima lišaja

Tabela 1.

Lokacija	Bq Cs-137 $\times \text{kg}^{-1}$	Bq Cs-137 $\times \text{g}^{-1} \text{K}$	Bq Sr-90 $\times \text{kg}^{-1}$	Bq Sr-90 $\times \text{g}^{-1} \text{Ca}$
1.	724,09	149,82	400,71	3,67
2.	696,34	122,38	525,40	2,90
3.	853,59	231,32	498,02	3,22
4.	496,91	138,03	418,84	3,39
5.	297,11	170,75	75,48	2,21

Nakon prethodne pripreme i mineralizacije uzoraka određen je nivo Sr-90 metodom ekstrakcije tributilfosfatom uz upotrebu itrijevog nosača a Cs-137 je određen gamaspektrometrijskom analizom uz upotrebu Ge (Li) detektora i 1024 kanalnog analizatora.

Rezultati i diskusija

Rezultati istraživanja prikazani su u tabelama 1 - 3. Radi poredjenja dobijenih vrijednosti za Cs-137 i Sr-90 u lišaju i mahovini uzeti su i uzorci trave sa istih lokaliteta a dobijene vrijednosti prikazane su u tabeli 3.

Analiza rezultata pokazuje signifikantne razlike nivoa aktivnosti ispitivanih radionuklida između uzoraka trave te lišaja i mahovine. Upoređujući dobijene vrednosti uočava se da uzorci lišaja i mahovine imaju za red veličine više vrednosti za oba radionuklida u odnosu na uzorke trave. Ova činjenica je vjerovatno posljedica razlika u dužini vegetiranja jer lišaj i mahovina spadaju u red višegodišnjih biljaka.

Nivoi aktivnosti Cs-137 i Sr-90 u uzorcima lišaja

Tabela 1.

Lokacija	Bq Cs-137 $\times \text{kg}^{-1}$	Bq Cs-137 $\times \text{g}^{-1} \text{K}$	Bq Sr-90 $\times \text{kg}^{-1}$	Bq Sr-90 $\times \text{g}^{-1} \text{Ca}$
1.	724,09	149,82	400,71	3,67
2.	696,34	122,38	525,40	2,90
3.	853,59	231,32	498,02	3,22
4.	496,91	138,03	418,84	3,39
5.	297,11	170,75	75,48	2,21

ZAKLJUČAK:

Lišaj i mahovina kao višegodišnje biljke pokazuju visok stepen akumulacije Cs-137 i Sr-90 pretežno folijarnim putem, te mogu korisno poslužiti kao bioindikator radioaktivne kontaminacije fisionim produktima.

SUMMARY

There has been examined the level of Sr-90 and Cs-137 activity in lichen and moss taken from several mountainous parts of Bosnia and Herzegovina. The values of Sr-90 in lichen have been from 75,47 to 525,40 Bq/kg⁻¹ of the dry sample, while in moss they have been from 84,73 to 495,8 Bq/kg⁻¹ of the dry sample. At the same time the values of Cs-137 have been measured too-in lichen samples they have run from 297,11 to 853,59 Bq/kg⁻¹ and in moss samples from 66,77 to 649,72 Bq/kg⁻¹.

The obtained values are higher compared to the values got from the grass coming from the same localities.

LITERATURA:

1. Hanson W.C.: Radioecological concentration processes, 183, 1967.
2. Krauzer W.: Proceedings of International Symposium on Radioecology Applied to the Protection, of Man and his Environment, Rome, 405, 1971.
3. Miettinen J.K., Hänen E.: Radioecological Concentration Processes, 221, 1967.
4. Milošević Z., Horšić E., Bauman A., Kljajić R.: Zbornik IX Simp. Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 321, 1977.
5. Nifontova M.G., Kulikov N.V.: Ekologija, 3, 1977.
6. Salo A., Miettinen J.K.: Nature, 201, 1177, 1964.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Dušan Ražem i Igor Dvornik
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

AKTIVACIJA NAMIRNICA KAO POSLJEDICA OZRAČENJA
NEUTRONIMA NUKLEARNE EKSPLOZIJE

REZIME Opisana je procjena utjecaja neutrona nuklearne eksplozije na nezaštićene izvore hrane s obzirom na induciranu radioaktivnost. Polazeći od pretpostavki o početnom spektru neutronskog zračenja i njegovoj degradaciji, procijenjena je radioaktivnost inducirana u 1 kg govedeg mesa na udaljenosti od 1500 m od centra eksplozije. Pokazano je da je inducirana radioaktivnost na promatranom mjestu zanemariva dok na istom mjestu kerma neutrona može iznositi najviše 183 Gy.

UVOD

Nuklearno oružje s pojačanim djelovanjem neutronskog zračenja, poznatije pod popularnim nazivom "neutronska bomba", konstruirano je tako da se pojača udio neutronskog zračenja prema ukupnom razornom i toplinskom djelovanju u odnosu na klasične fisione bombe. Proizvedeno je oružje male snage, koje se može selektivno primjeniti u taktičke svrhe na ograničenom prostoru. Ove okolnosti dozvoljavaju pretpostavku da će se donji prag za odluku o njegovoj primjeni opasno sniziti i da će se povećati broj situacija kad će takva odluka biti moguća. Stoga kod razmatranja učinaka ovog oružja treba uzeti u obzir i radioaktivnost induciranu neutronima nuklearne eksplozije. Ozračeni materijali na taj način postaju i sami izvori zračenja, i kao takvi, potencijalno opasni. Osobita opasnost prijeteći od unošenja izvora zračenja u organizam u obliku hrane.

SITUACIJA

Razmotrit ćemo situaciju nezaštićene stoke na udaljenosti od 1500 m od središta eksplozije tipične neutronske bombe fuzionog tipa snage 0.5 kt.

Ako uzmemo da eksplozija 1 kg klasičnog eksploziva oslobađa energiju od 1000 kilokalorija, ⁽¹⁾ 0.5 kt bilo bi ekvivalentno energiji oko 15 g neutrona energije 14.5 MeV koji rezultiraju iz fuzije deuterija i tricija. Budući da u reakciji $D(T, \alpha)n$ neutroni odnose svega oko 80% energije, stvarni broj je oko 12 g neutrona; zbog jednostavnijeg računa uzet ćemo da je količina neutrona 10 g ili $10 N_A$, gdje je N_A Avogadrov broj.

Širenje neutrona u prostoru opisano je jednačbom (1) ⁽²⁾

$$\varphi(r) = \frac{aQ_n}{4\pi r^2} e^{-\frac{r}{\lambda}} \quad (1)$$

gdje je: a konstanta (ovdje uzimamo $a = 1$)

$\varphi(r)$ gustoća fluksa $\left[\frac{\text{neutroni}}{\text{cm}^2 \text{sek}} \right]$

Q_n intenzitet izvora $\left[\frac{\text{neutroni}}{\text{sek}} \right]$

r udaljenost od izvora

λ srednji slobodni put neutrona u zraku (za udaljenost veću od 850 m $\lambda = 110 \text{ g cm}^{-2}$)

Raspršenje neutrona u zraku (o čemu vodi računa faktor $e^{-\frac{r}{\lambda}}$) utječe da gustoća fluksa opada brže nego što predviđa kvadratni zakon. Tako na 1500 m od središta eksplozije preostaje samo 17% od gustoće fluksa u vakuumu, ili $3.6 \times 10^{12} \frac{n}{\text{cm}^2}$.

SPEKTAR NEUTRONA NA PROMATRANOM MJESTU

Da bismo procijenili spektar neutrona na promatranom mjestu potrebno je razmotriti degradaciju početnog spektra prilikom prolaza neutrona kroz materijal bombe i kroz atmosferu. Budući da točne dimenzije i sastav neutronske bombe nisu poznati, uzet ćemo da je prolaz neutrona kroz materijal koji okružuje središte eksplozije ekvivalentan prolazu kroz sloj od 5 cm bakra. Ovo je jedno od mogućih približenja a uzimamo ga stoga što je taj slučaj dobro dokumentiran ⁽³⁾. Prema tome, s mjesta eksplozije širi se puls neutrona koji sadrži 40% brzih neutrona energije iznad 10 MeV i 60% neutrona do 10 MeV.

Degradacija spektra brzih neutrona prilikom prolaska kroz zrak eksperimentalno je i teorijski promatrana za slučaj sloja debljine oko 1200 m⁽⁴⁾. Po izlazu iz tog sloja, puls neutrona sastoji se od oko 20% brzih i oko 4% termalnih neutrona. Pretpostavit ćemo da je taj odnos isti i na 1500 m.

Prolazom neutrona degradiranog spektra kroz atmosferu povećat će se udio neutrona nižih energija. Za potrebe ove procjene uzet ćemo da se na ovu najveću grupu mogu primjeniti podaci za neutrone fisionog spektra.

Tako dolazimo do procjene spektra neutrona na promatranom mjestu koje se sastoji od termalnih, "fisionih" i brzih neutrona u omjeru koji je zbog jednostavnosti uzet kao 1:100:10.

KERMA NEUTRONA NA PROMATRANOM MJESTU

Najveći doprinos dozi na promatranom mjestu daju neutroni degradiranog spektra. U tom spektru nakon prolaska kroz 1500 m zraka najzastupljeniji su neutroni energije oko 1 MeV, a brojni su i neutroni viših energija⁽⁴⁾.

Kerma neutrona zavisi od energije neutrona. U području energija iznad 100 eV kerma raste s porastom energije neutrona. Za ovu procjenu uzet ćemo najnepovoljniji slučaj kao da su svi neutroni energije 10 MeV čiji je doprinos kermi $5.10 \times 10^{-11} \text{ Gy cm}^2 \text{ n}^{-1}$ ⁽⁵⁾. Tako bi najveća kerma neutrona na promatranom mjestu bila:

$$3.6 \times 10^{12} \frac{\text{n}}{\text{cm}^2} \times 5.1 \times 10^{-11} \frac{\text{Gy cm}^2}{\text{n}} = 183.6 \text{ Gy}$$

I bez uzimanja u obzir visokog faktora kvalitete za neutrone ovih energija⁽⁶⁾, izračunata doza višestruko je veća od smrtne doze i dvostruko veća od doze potrebne za trenutno onesposobljenje⁽⁷⁾.

AKTIVACIJA MATERIJALA

Na terenu gdje, dakle, izvan zaklona nema preživjelih, izračunat ćemo aktivaciju materijala prema formuli (2):

$$A_0 = \phi \sigma \frac{m}{M} N_A \quad (2)$$

- gdje je: A_0 broj aktiviranih jezgara u ozračenoj meti
- ϕ integralna gustoća fluksa neutrona $\left[\frac{\text{neutroni}}{\text{cm}^2} \right]$
- σ udarni presjek $\left[\text{cm}^2/\text{nukleus} \right]$
- m masa mete $\left[\text{g} \right]$
- M atomska masa $\left[\text{g/g-atom} \right]$
- N_A Avogadrov broj $\left[\text{nukleus/g-atom} \right]$

Da bismo izračunali broj aktiviranih jezgara potrebno je poznavati elementarni sastav mete, izotopnu obilnost pojedinih izotopa i pripadne udarne presjeke. Za ocjenu radiotoksičnosti inducirane aktivnosti potrebno je znati još i prirodu radioaktivnog potomka i vrijeme poluživota.

Elementarni sastav govedeg mesa dan je u tablici 1, gdje su uglavnom zanemareni mikroelementi prisutni u količinama manjim od 1 mg/kg⁽⁸⁾.

Tablica 1.
Elementarni sastav govedeg mesa

Redni broj	element	koncentracija mg/kg	Redni broj	element	koncentracija mg/kg
1	H	90.000	16	S	2.200
6	C	180.000	17	Cl	560
7	N	20.000	19	K	4.000
8	O	700.000	20	Ca	140
11	Na	750	26	Fe	50
12	Mg	360	30	Zn	40
13	Al	0.4	35	Br	2
14	Si	10	37	Rb	8
15	P	2.000			

Vjerojatnost reakcije s neutronima, koja se izražava kao udarni presjek za neku nuklearnu reakciju, zavisi od energije neutrona. Budući da promatramo neutrone čija energija seže od termalne do 14 MeV, za svaku nuklearnu reakciju treba uzeti u obzir udarne presjeke na svim energijama. I ovaj dio računa, kao i prethodni, mogao bi se s većom točnošću provesti pomoću računskog stroja uzimajući u obzir točan oblik udarnog presjeka. Za procjenu kakvom se ovdje bavimo, međutim, dostaju i podaci na tri uzete energije.

Udarni presjeci za reakcije neutrona uzeti su iz

referenci 9 i 10, a podaci o izotopnoj obilnosti iz reference 10. Uzeti su u obzir samo radionuklidi s vremenom poluživota većim od 1 sata. Tako su izračunati doprinosi raznih nuklearnih reakcija stvaranju određenog radioizotopa. Primjer za ^{24}Na prikazan je u tablici 2.

Tablica 2.
Doprinosi nastajanju ^{24}Na

reakcija	%*	koncentracija gatom/kg	energija neutronska	zastup- ljenost energije u spektru	udarni presjek mbarn	broj radio- aktivnih jezgara u 1 kg
$^{23}\text{Na}(n,\gamma)^{24}\text{Na}$	100	0.03	termalni degr.fis. 14 MeV	0.01	470	7.1×10^7
				1	0.2	1.3×10^7
$^{24}\text{Mg}(n,p)^{24}\text{Na}$	78.7	9.8×10^{-3}	termalni degr.fis. 14 MeV	0.1	0.21	1.3×10^6
				1	1.5	3.2×10^7
$^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$	100	1.5×10^{-5}	termalni degr.fis. 14 MeV	0.1	200	4.3×10^8
				1	0.725	2.4×10^4
				C.1	120.5	4.0×10^5
Ukupno:						7.9×10^8

%* = izotopna obilnost mete

INDUCIRANA RADIOAKTIVNOST

Pošto je izračunat broj jezgara aktiviranih eksplozijom, potrebno je ocijeniti koliku opasnost one predstavljaju kao izvori zračenja. Mjera te opasnosti je broj dezintegracija radioaktivnih jezgara u promatranom vremenu $A_0 - A_t$, gdje indeksi "0" i "t" označavaju trenutak eksplozije, odnosno vrijeme proteklo nakon toga. Iz zakona radioaktivnog raspada slijedi:

$$A_0 - A_t = A_0 \left(1 - e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}} t} \right) = A_0 \frac{0.693}{T_{1/2}} t \quad (3)$$

Uzimajući u obzir samo najveće inducirane radioaktivnosti vidimo da one potječu od nuklida nabrojanih u tablici 3.

Tablica 3.

Inducirana radioaktivnost u 1 kg goveđeg mesa

nuklid	vrijeme poluživota	A_0 , Bq	SGDK
^{24}Na	15 sati	$1,0 \times 10^4$	3×10^5
^{31}Si	2.62 sati	5.4×10^5	2.2×10^6
^{32}P	14.3 dana	7.9×10^3	1.9×10^5
^{42}K	12.4 sati	2.6×10^4	2.2×10^5
^{56}Mn	2.57 sati	1.7×10^3	1.1×10^6

Dobiveni podaci uspoređeni su sa srednjim godišnje dopuštenim koncentracijama (SGDK) radionuklida u vodi za piće⁽¹¹⁾. Vidljivo je da je inducirana radioaktivnost svakog pojedinog radionuklida barem za red veličine manja od srednje godišnje dopuštene koncentracije.

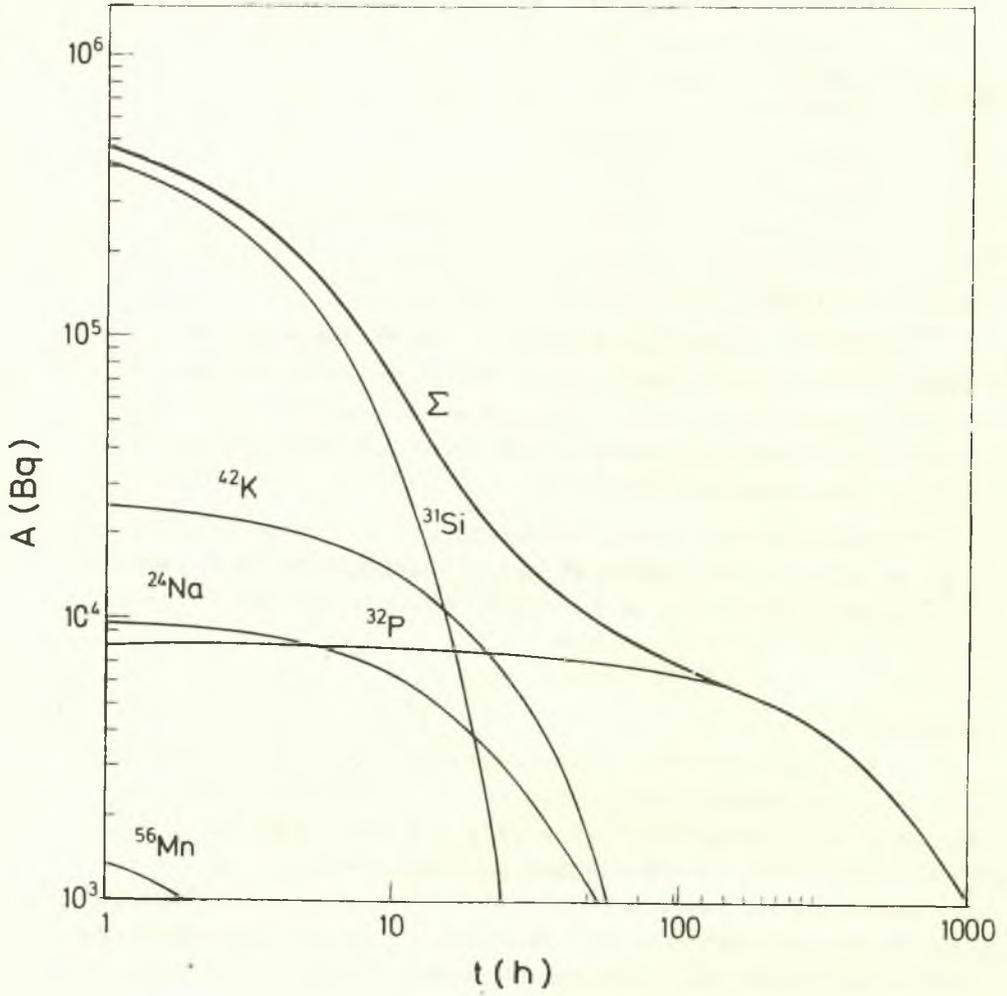
Opadanje inducirane radioaktivnosti s vremenom prikazano je na slici 1. Već nakon 48 sati inducirana radioaktivnost bit će jedva nešto veća od prirodno prisutne radioaktivnosti.

ZAKLJUČAK

Neutronska bomba u određenom radiusu uglavnom uništava živu silu, dok materijalna dobra koja se nađu izvan dohvata udarnog i toplinskog djelovanja ostaju neoštećena. Čak i meso stoke koja pogine od neposrednog ozračenja ostaje sigurno za ljudsku upotrebu, barem što se tiče inducirane radioaktivnosti. Dakako da će konačna odluka o upotrebi takvog mesa zavisiti od općeg stanja životinje i od pristupačnosti drugih izvora hrane.

ABSTRACT

ACTIVATION OF FOOD AS A CONSEQUENCE OF IRRADIATION BY NEUTRONS FROM A NUCLEAR EXPLOSION. The influence of neutrons generated by nuclear explosion on unprotected sources of food is assessed with respect to induced radioactivity. Radioactivity induced in 1 kg of beef meat at a distance of 1500 m from the center of explosion is assessed based on the assumed initial neutron spectrum and its subsequent degradation. It is shown that radioactivity induced at the point of consideration is negligible, while at the same time, maximum neutron kerma at this location amounts to 183 Gy.



Slika 1.

Opadanje inducirane radioaktivnosti u goveđem mesu nakon ozračenja neutronima nuklearne eksplozije

- (1) Vojna enciklopedija, drugo izdanje
Hedakcija Vojne enciklopedije, Beograd, (1971).
- (2) ICRU Report No. 28, Basic Aspects of High Energy Particle Interactions and Radiation Dosimetry, International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D.C., (1978).
- (3) H. Ing, S. Makra, Compendium of Neutron Spectra in Criticality Accident Dosimetry, Technical Report Series No. 180, IAEA, Vienna, (1978).
- (4) T. Nakamura, T. Kosako, Nucl. Sci. Eng., 77, 168 (1981).
- (5) H.J. Delafield, J.A. Dennis, J.A.B. Gibson, Nuclear Accident Dosimetry, Part III. Interpretation and Data AERE-R 7487, Harwell, (1973).
- (6) ICRP Publication No. 21, Data for Protection Against Ionizing Radiation from External Sources: Supplement to ICRP Publication 15; International Commission on Radiological Protection Pergamon Press, Oxford (1973).
- (7) F. Kaplan, Bull. Atomic Scientists, October 1981, 6.
- (8) E.J. Underwood, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Academic Press, New York, (1977).
- (9) Allen B. Brodsky (Editor), CRC Handbook of Radiation Measurement and Protection. Section A. Volume I: Physical Science and Engineering Data CRC Press, West Palm Beach, (1978).
- (10) Handbook on Nuclear Activation Cross-Sections, Technical Report Series No. 156, IAEA, Vienna, (1974).
- (11) Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije
Službeni list SFRJ, Br. 32/1979, str. 1043.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Borislav Draganović, Gordana Đurić i Gordana Košutić
Katedra za radiologiju Veterinarskog fakulteta u Beogradu

NIVO AKTIVNOSTI RADIOKALIJUMA-40 I OSTALE BETA AKTIVNOSTI
U MLEKU, JOGURTU I SIRU

REZIME U ovom radu ispitivan je nivo aktivnosti radiokalijuma-40 i ostala beta aktivnost u procesu obrade kravljeg mleka u jogurt i meki sir'u kriškama. Na ovaj način se dolazi do podataka dali kišeljjenje i sirenje mleka predstavlja metod radijaciono-higijenske zaštite od biološki značajnih radionuklida. Stoga su, po metodi slučajnog izbora, uzeti uzorci kravljeg mleka, jogurta i sira sa mlekara koje snabdevaju širi region Beograda, Radiometrijskim metodama određivana je aktivnost radiokalijuma-40, ukupna beta aktivnost, odnosno ostala beta aktivnost. Kako su nivoi aktivnosti prirodnih radionuklida beta emitera zavisni i od ekofizioloških faktora, dobijeni rezultati dopuštaju zaključak da metode kišeljjenja i sirenja kravljeg mleka mogu samo delimično da posluže za smanjenje beta aktivnosti. Isto tako, odnos ukupne beta aktivnosti i radiokalijuma-40 može da posluži kao trijažni postupak u radijaciono-higijenskoj kontroli kiselomlečnih proizvoda za pojedinačno diferenciranje količine radiostroncijuma-90 i radiocezijuma-137.

UVOD U ciklusu stočne proizvodnje, koji je izvor namirnica animalnog porekla, mleko i mlečni proizvodi čine jednu od osnovnih komponenti ishrane razvijenog društva. Pored dobro poznatih nutritivnih, preventivnih i terapijskih osobina, mleko i mlečni proizvodi sa radijaciono-higijenskog gledišta predstavljaju određeni rizik za stanovništvo, a naročite decu. Stoga smo u ovom radu postavili sebi za cilj: ispitivanje tehnologije kišeljjenja i sirenja mleka kao postupaka za smanjenje nivoa Radiokalijuma-40. Za ova ispitivanja ograničili

smo se na kravljje mleko kao izvornu sirovinu, jogurt i meki sir, jer su to kiselomlečni produkti koji se najviše upotrebljavaju u ishrani ljudi.

MATERIJAL I METOD RADA Ovim istraživanjima bili su obuhvaćeni uzorci po slučajnom izboru iz industrijske proizvodnje (mlekara), kako bi se što više umanjile greške individualne obrede mleka u jogurt i meki sir. To znači da je mleko prečišćeno, korigovana vrednost masti na 3,2% pasterizovano na 70-76°C u trajanju 1 minut i upakovano za distribuciju. Jogurt je spravljen iz pasterizovanog mleka, dodate kulture *Lac.bulgaricum* i *Str. termophilus* u odnosu 1 : 1 na 42°C. Meki sir ili sir u kriškama pripremljen je dodavanjem tečnog sirila (0,8%) na 32°C uz presolac (12%), pri čemu je randman od 100 kg mleka 12 kg sira.

Radiometrijska merenja vršena su na antikoincidentnom brojaču za nisku aktivnost "Lola" a ukupni K i ^{40}K određivan je radiohemijski (3) i gama-spektrometrijski na spektrometru "Ortec-Data-100". Nivoi radiokalijuma-40, ukupne beta i ostatka beta aktivnosti obračunavani su i izraženi u Bq kg⁻¹ ili Bq l⁻¹ a doprinosi su dati u procentima.

RAZMATRANJE REZULTATA Dobijeni rezultati ovih istraživanja izraženi kao ukupna beta aktivnost (U_BA), specifične aktivnosti radiokalijuma (A⁴⁰K), kao i doprinosi radiokalijuma (D%⁴⁰K), ostale beta aktivnosti (D%ObA) prikazani su na tabeli.

Uzorak	U _B A Bq/kg	A ⁴⁰ K Bq/kg	D% ⁴⁰ K	ObA Bq/kg	D% ObA
Mleko	42 ± 2	39 ± 5	93 ± 3	5	12,9
Jogurt	58 ± 4	50 ± 3	86,16	16	17,81
Meki sir	27 ± 4	16 ± 2	59	11	41

Tabela 1. Prikaz srednjih vrednosti rezultata izmerene radioaktivnosti ^{40}K , ukupne (U_BA) i ostale radioaktivnosti u mleku, jogurtu i mekom siru.

Rezultati naših istraživanja sadržaja radiokalijuma-40, ukupne i ostale beta aktivnosti u mleku saglasni su sa podacima istraživača u našoj zemlji i inostranstvu (1 i 2). Isto tako dobijene vrednosti se uklapaju u rezultate naših ranijih izučavanja radijaciono-higijenske ispravnosti mlečnih proizvoda (4). Vrednosti za ^{40}K u prema sadržaju ukupnog kalijuma mogle su se očekivati : za mleko $30-50 \text{ Bq l}^{-1}$ ($1,5 \pm 0,5 \text{ gK l}^{-1}$), jogurtu $38-60 \text{ Bq l}^{-1}$ ($1,9 \pm 0,5 \text{ gK l}^{-1}$) i sira $20-35 \text{ Bq kg}^{-1}$ ($1,4 \pm 0,3 \text{ gK kg}^{-1}$), pa se vidi jogurt sadrži nešto više radiokalijuma i u našim rezultatima a značajno manje u mekom siru. Medjutim, vrednosti ostale beta aktivnosti značajno rastu od mleka ka siru čime se snižava vrednost i ukupne beta aktivnosti mleka. Naša ranija istraživanja su pokazala (4) da se ^{90}Sr nalazi u sledećim količinama: u kravljem mleku $39-202 \text{ mBq l}^{-1}$, jogurtu $50-88 \text{ mBq l}^{-1}$ a mekom siru $80-488 \text{ mBq kg}^{-1}$. Tumačeći ove pojave verujemo da kod sirenja K odlazi sa surutkom (nismo je merili ovog puta) dok se divalentni katjoni: Ca, Sr, Mg, Mn, Cu, Co itd vezuju za koagulirani mlečni protein kazein i na taj način koncentrišu u siru. Iako činjenice pokazuju da, usled zavisnosti sadržaja K i Sr od ekofizioloških faktora, vrednosti variraju u širokim intervalima, može se reći da se mleko i jogurt ne razlikuju značajno po količini K, UBA i OBA. Isto tako vidi se značajna razlika u sadržaju ovih parametara između mleka i mekog sira. U takom posmatranju tehnološki proces sirenja ima izvestan protektivni značaj u iskorišćavanju radiokontaminiranog mleka jednovalentnim katjonima: ^{40}K , ^{137}Cs , ^{131}I itd. Medjutim kod radiokontaminacije dvovalentnim i osteotropnim katjonima: Ca, Sr, Co itd sirenje predstavlja koncentracioni postupak radioaktivnosti u mleku. Iz ovih rezultata proizlazi da je odnosom ^{40}K prema UBA i OBA moguće izvršiti brzu trijažu uzoraka na osnovu vrednosti OBA.

ZAKLJUČAK Sadržaj K a time i ^{40}K kod kišćenja i sirenja mlekakrava smanjuje se značajno u spravljenom belom mekom siru. Odnos ^{40}K prema ukupnoj beta aktivnosti i ostaloj aktivnosti otkriva delimično i vrstu radiokontaminacije mleka, a može da bude upotrebljen za ocenu tehnološke ispravnosti sirenja mleka (korekcija masti, dodavanje većih količina mase, dodavanje aditiva, soli i dr).

Level of radiopotassium-40 and other beta-activity in milk, yaourth and cheese

The present work examines the level of radiopotassium-40 and other beta-activity in the process of turning cow's milk into yaourth, and cottage cheese. In this way we arrive at data concerning souring of milk and cheese making which represented of radiation-hygienic protection from biologically important radionucleids. Therefore, according to the method of chance selection, we have taken samples of cow's milk, yaourth and cheese from ocaces which supply the wider region of Belgrade. Radiometrical methods were used to determine the activity of radiopotassium-40, total beta-activity, that is other beta-activity. Since the levels of activity of natural radionucleides beta emitters are dependet on eco-physiological factors the obtained results indicate that the souring method and cheese making from cow's milk can partly serve to lessen beta-activity. Similarly, the relation of total beta-activity and radiopotassium-40 can serve as effective step in radiation-hygienic control of soup-milk products, for partial differentiation of the quantity of radiostrontium-90 and radiocesium-137.

Bibliografija

1. Radovanović R i sar.: God.izveštaj "Radionuklidi u životnoj sredini" 1980.
2. Izveštaji Enviromental Monit. Laboratories USA 1978-1982.
3. Gordana Đurić: Dokt. disertacija, 1979.
4. Gordana (Mičić) Košutić: Magistarski rad, 1981.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Jadranka Kovač, Nevenka Lokobauer, Alica Bauman
Institut za medicinska istraživanja
i medicinu rada, Zagreb

ODREDJIVANJE $^{239,240}\text{Pu}$ U NEKIM UZORCIMA TLA

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja nivoa radioaktivnosti plutonija-239,240 u uzorcima tla na području SR Hrvatske.

Uzorci su uzimani u slojevima 0-5 i 5-10 cm dubine. Nakon raščinjavanja uzoraka izvršeno je radiokemijsko odvajanje plutonija elektrolizom na čeličnom disku. Mjerenje je provedeno brojačem s površinskom barijerom i multikanalnim analizatorom. Plutonij se pretežno nalazi u površinskom sloju.

UVOD

Razvojem nuklearne tehnologije velika pažnja se ponovno pridaje radionuklidima i njihovom utjecaju na okoliš. $^{239,240}\text{Pu}$ je visoko radiotoksičan, ima dugo vrijeme poluraspada, u okoliš dolazi uglavnom nakon nuklearnih pokusa, a može se pojaviti i tokom rada u nuklearnoj elektrani.

U okviru ispitivanja količine $^{239,240}\text{Pu}$ u okolišu, ovim je radom prikazano tlo, kao prva karika ekološkog lanca koja ima bitan utjecaj na čovjeka.

Uspoređujući pojedinačne vrijednosti dobivene unutar jednog sloja, uočavaju se velike razlike. Takove varijacije vrijednosti uzrokovane su različitom strukturom i sastavom tla s različitih lokacija uzimanja uzoraka.

Najviša vrijednost koncentracije $^{239,240}\text{Pu}$ određena je u sloju dubine 0-5 cm i iznosi $212,34 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, dok je najniža vrijednost od $39,37 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ nadjena u sloju dubine 5-10 cm.

Pojedinačne vrijednosti gledajući po slojevima pokazuju tendenciju opadanja koncentracije plutonija po dubini. To je i za očekivati, ako se zna da plutonij vrlo lagano tvori okside koji su vrlo stabilni i netopivi ($^{239,240}\text{PuO}_2$), te kroz to teže prodiru u dubinu (3). U prosjeku se koncentracija plutonija-239,240 smanji za 43 % u drugom sloju, obzirom na koncentraciju u sloju dubine 0-5 cm.

ZAKLJUČAK

Srednje vrijednosti koncentracije $^{239,240}\text{Pu}$ pokazuju zakonitost po slojevima, s time da veću koncentraciju pokazuje I sloj (0-5 cm dubine), što se slaže i sa podacima u literaturi (4).

SUMMARY

DETERMINATION OF PLUTONIUM-239,240 IN SOILS

$^{239,240}\text{Pu}$ levels in soil samples from Croatia are reported. The samples of soil were taken in layers from 0-5 and 5-10 cm. Radiochemical separation of samples was carried out by electrodeposition of plutonium on stainless still disk. The counting was performed with a surface barrier detector and a multichannel analyzer.

Almost all plutonium is within the layer of 10 cm.

LITERATURA

- (1) HASL-300, B-05 (1978)
- (2) HASL-300, E-Pu-02 (1978)
- (3) R.A. Balman: Concentration of Actinides in the Food Chain, NRPB-R44 (1976) 2.
- (4) T. Hashimoto, K. Taniguchi, H. Sugiyama, T. Sotobayashi: Simultaneous Depermination of Uranium and Plutonium Isotopes in Soils by means of Single Alpha-Spectrometry, Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 52, No 1. (1979) 133.

L. SARAČEVIĆ, A. Mihalj, R. Kljajić, D. Hasanbašić
E. Horšić, Z. Milošević

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO

MIGRACIJA Sr-90 I Cs-137 U TLU U ZAVISNOSTI
OD VRSTE TLA I NADMORSKE VISINE

R E Z I M E

Određivan je sadržaj Sr-90 i Cs-137 u uzorcima tla na više lokaliteta u Bosni i Hercegovini. Ispitana je zavisnost migracije navedenih radionuklida od vrste tla te nadmorske visine ispitivanih lokaliteta.

U V O D

Zemljište se može kontaminirati radionuklidima uglavnom na dva načina: direktno i indirektno. Direktna kontaminacija zemljišta uglavnom je regionalnog karaktera, obuhvata relativno malo područje od nekoliko desetina kilometara od mjesta fisije i stoga ima samo lokalni značaj. Međutim, indirektna kontaminacija zemljišta nastaje dospijevanjem radioaktivnih padavina na Zemlju, obuhvata široka prostranstva Zemljine kore i stoga ima daleko veći značaj. Čitav niz faktora (hemijski sastav, struktura, pH, stepen vlažnosti i drugi) znatno utiče na vrstu i način radioaktivne kontaminacije zemljišta, te tako ono postaje trajni rezervoar fisijom nastalih radionuklida, odakle ovi preko biljne hrane dospijevaju do čovjeka ili životinje.

MATERIJAL I METODE

Uzorci tla su uzimani sa šireg teritorija Bosne i Hercegovine, dva puta godišnje (proljeće i jesen) i sa dubine od 0-15 cm. Uzorkovanje je vršeno sa mjesta koja nisu kultivisana metalnom bušilicom promjera 10 cm, po slojevima i to: 0-5, 5-10, 10-15 cm. U ovim uzorcima, nakon uobičajene pripreme (mehaničko čišćenje, prosijavanje, sušenje, vaganje) ispitivan je nivo aktivnosti Sr-90 i Cs-137.

Za izdavanje Sr-90 korištena je acetatna metoda ekstrakcije a mjerenje Y-90 sa kojim je Sr-90 u radiohemijskoj ravnoteži vršeno je na anti-koincidentnom brojaču za niske beta aktivnosti. Cs-137 određivan je gama spektrometrijskim mjerenjem sa GeLi detektorom uz 1024 kanalni analizator.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu dobijenih rezultata uočavaju se velike razlike u nivoima aktivnosti kako za Sr-90 tako i za Cs-137 obzirom na vrstu tla. (tabela 1.).

Tla su podijeljena po mehaničkom sastavu na tri vrste ili kategorije: gline, ilovače i pjeskulje. Karakteristične osobine pojedinih vrsta tla, a koje djelimično objašnjavaju dobijene različite nivoe aktivnosti su: - gline su hladna, slabo propusna, vodoizdržljiva, slabo aerirana ili prozračna tla, obično teška za obradu. - ilovače su po pravilu najbolja tla za obradu, osrednje propusna sa povoljnim režimom ili prilikama vode i zraka. - pjeskulje su jako propusna tla za vodu, dobro su aerirana pa se brzo isušuju.

Dobivene razlike su naročito izražene kod Sr-90. Kako se korištenom metodom određuje samo topivi Sr-90 tj. samo onaj dio Sr-90 koji biljka može resorbovati iz tla, to se može zaključiti da glinasto zemljište resorbuje najmanje količine Sr-90. Ilovače, a pjeskulje naročito pokazuju veću sposobnost resorpcije Sr-90 (tabela 1.).

Nivoi aktivnosti Cs-137 takodje pokazuju razlike obzirom na vrstu tla, iako su one u odnosu na Sr-90 manje izražene. Uočene razlike se mogu djelimično objasniti različitim migracionim sposobnostima ova dva radionuklida. Migracijska sposobnost Cs-137 je znatno slabija od one za Sr-90 i ovisi o fizikalno hemijskim svojstvima tla i hemijskom obliku u kojem se radio-nuklid nalazi. Sadržaj Cs-137 se povećava od glina ka pjeskuljama. (tabela 1.).

Nivoi aktivnosti Sr-90 i Cs-137 u tlima različitog mehaničkog sastava sa teritorije BiH

Tabela 1.

Vrsta tla	Broj uzoraka	Vrsta elementa	Dobivene vrijednosti (Bq/kg tla)		
			min.	max.	Sred.vrijed.
Glina	18	Sr-90	0,59	19,42	5,66
		Cs-137	4,83	25,43	9,51
Ilovača	5	Sr-90	3,13	17,59	9,82
		Cs-137	3,98	14,56	9,00
Pjeskulja	6	Sr-90	4,15	17,40	9,93
		Cs-137	5,77	29,93	13,12

Sa povećanjem nadmorske visine terena sa kojeg su uzorci tla uzimani uočava se porast nivoa aktivnosti kako Sr-90 tako i Cs-137. Ova činjenica se može objasniti većim količinama padavina na većim nadmorskim visinama. Raspon dobijenih vrijednosti je za Sr-90 znatno širi i iznosi od 0,59 Bq/kg tla izmjerenih u tlu nadmorske visine do 200 m, pa do 19,42 Bq/kg tla u tlu nadmorske visine od 500-1000 m.

Razlika između najmanje i najveće vrijednosti za Cs-137 je manja nego kod Sr-90. 3,97 Bq/kg tla predstavlja najnižu vrijednost izmjerenu u tlu nadmorske visine do 200 m, a 29,93 Bq/kg tla je najveća vrijednost izmjerena za tlo na nadmorskoj visini od 500-1000 m (tabela 2.).

Nivoi aktivnosti Sr-90 i Cs-137 u tlima različite nadmorske visine sa teritorije BiH

Tabela 2.

Nadmorska visina tla	Broj uzorka	Vrsta elementa	Dobivene vrijednosti (Bq/kg tla)		
			min	max	sred.vrijed.
Do 200 m.	11	Sr-90	0,59	13,04	5,10
		Cs-137	3,98	12,19	6,72
Od 200 do 500 m	3	Sr-90	0,66	14,28	7,74
		Cs-137	7,72	25,43	14,80
Od 500 do 1000 m	15	Sr-90	1,67	19,42	8,75
		Cs-137	4,69	29,93	11,68

ZAKLJUČAK

Brojni faktori utiču na raspodjelu radionuklida Sr-90 i Cs-137 u tlu. Mehanizam raspodjele je vrlo složen i nedovoljno ispitan. Mehanički sastav tla i nadmorska visina su samo jedan od faktora koji na tu raspodjelu utiču.

SUMMARY

The content of Sr-90 and Cs-137 in the soil samples taken from various localities in Bosnia and Herzegovina has been examined the dependence of the mentioned radionuclids migration on the kind and composition of soil and on the altitude of the investigated localities.

LITERATURA:

1. Bauman A., Juras M., Sokolović E., Štampf D., Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 31 (1980) 3-14
2. Belova E., I. Antropova Z.G.: Jadernaja meteorologija, Trudi IIM. Vip.21, Gidrometeoizdat, Moskva (1971)
3. Bauman A., Dizertacija, Tehnološki fakultet, Zagreb 1965.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Dr. Ljiljana Rnežević, dipl. inž. i Olga Janković, dipl. fiz. hem.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča
DOKR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zastita"

PROCENA PARAMETARA TRANSPORTA RADIONUKLIDA KROZ ZEMLJIŠTE
PRIMENOM MATEMATICKOG JEDNODIMENZIONALNOG MODELA

REZIME U laboratorijskim uslovima ispitivane su karakteristike domaćih zemljišta sa više lokaliteta. Određjeni su sledeći parametri zemljišta: specifična gustina, poroznost, sorpcioni katjonski kapacitet, koeficijenti distribucije, koeficijenti filtracije i disperzioni koeficijenti.

Na osnovu eksperimentalnih rezultata procenjeni su parametri transporta radioaktivnog stroncijuma kroz zemljište primenom matematičkog jednodimenzionalnog modela.

UVOD

U našim ranijim radovima određivani su parametri sorpcije i migracije radionuklida ^{89}Sr , ^{60}Co i ^{137}Cs na zemljištu u okolini nuklearnog reaktora "Boris Kidrič" u Vinči ^{1,2/}. U ovom radu ispitivani su parametri transporta radionuklida ^{90}Sr kroz zemljište u priobalju Velike i Južne Morave.

Rezultati dobijeni radom na ovoj temi predstavljaju podlogu za analize sigurnosti rada nuklearnih postrojenja i izbor lokacija deponija radioaktivnih otpadnih materijala, a mogu da se primene i na procenu mogućnosti zagađivanja podzemnih voda polutantima nastalim radom klasičnih energetske i industrijske objekata.

EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci zemljišta uzimani su sa četiri lokaliteta priobalnih područja Južne i Velike Morave: Aleksinca, Stalaća, Čuprije i Svilajнца sa dubina od jednog, dva i tri metra.

U laboratorijskim uslovima su određene karakteristike zemljišta date u tabeli 1. Katjonski sorpcioni kapacitet je određen sa Ca^{++} . Koeficijenti distribucije određeni su u statičkim uslovima uravnotežavanjem uzoraka zemljišta koji su prethodno prevedeni u Ca oblik sa rastvorom koji sadrži radionuklid ^{90}Sr u prisustvu 100 mg/l Ca^{++} .

Koeficijent retardacije i vreme migracije određeni su računski. Brzina filtracije vode određena je po metodi Kamenskog^{/3/}.

REZULTATI I DISKUSIJA

Akcidentalno ispuštanje tečnih radioaktivnih materijala može da prouzrokuje kontaminaciju zemljišta i podzemnih voda. Stepent kontaminacije podzemnih voda zavisi od prirode zemljišta i tečne faze, kao i visine stuba zemljišta iznad podzemnih voda kroz koji radionuklidi migriraju.

Za procenu parametara migracije radionuklida uz sorpciju na komponentama zemljišta najčešće se primenjuje jednodimenzionalni matematički model:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} - \left(1 + \frac{1-a}{a} \rho K_d\right) \frac{\partial C}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

gde je:

$1 + \frac{1-a}{a} K_d = K_f$ = retardacioni faktor sloja,

D = koeficijent disperzije radionuklida m^2/s ,

v = brzina filtracije vode m/s ,

a = poroznost,

ρ = specifična gustina zemljišta kg/dm^3 ,

K_d = koeficijent raspodele radionuklida dm^3/kg ,

t = vreme migriranja, s

C = koncentracija radionuklida, mol/l ili mg/l

x = rastojanje, m .

Na osnovu određenih karakteristika zemljišta koji su dati u tabeli 1. i koeficijenata distribucije i retardacije koji su dati u tabeli 2. određeni su brzina migracije radionuklida, koeficijent disperzije i vreme migracije radionuklida kroz 1 m sloja zemljišta. Brzina migracije radionuklida ^{90}Sr određena je iz odnosa brzine migracije vode i koeficijenta retardacije.

TABELA BR.1. Karakteristike zemljišta u zoni a ispitivanja

Mesto uzorkovanja	Broj uzorka	Dubina m	Prinodna vlaga %	Migroskopska vlaga %	Poroznost %	Katj. kapac. eo/kg
Aleksinac	1	1	7,30	2,1	23	0,40
"-	2	2	10,50	2,0	20	0,35
"-	3	3	9,50	2,1	19	0,35
Stalać	4	1	42,85	2,4	37	0,54
"-	5	2	37,00	2,6	45	0,50
"-	6	3	35,14	2,6	45	0,43
Cuprija	7	1	14,94	2,3	23	0,28
"-	8	2	5,26	2,4	23	0,22
"-	9	3	16,23	2,7	20	0,23
Svilajnac	10	1	17,65	2,4	37	0,44
"-	11	2	21,55	3,7	37	0,42
"-	12	3	15,61	3,9	37	0,43

TABELA BR.2. Srećnje vrednosti parametara transporta radioaktivnog ^{90}Sr po vertikalnom sloju zemljišta

Parametar transporta	Kd dm^3/kg	Kf	Vvode m/s	V_{Sr} m/s	D_{Sr} m^2/s	Vreme (t) s	God.
Aleksinac	74	573	$2 \cdot 10^{-7}$	$3,5 \cdot 10^{-10}$	$1,7 \cdot 10^{-12}$	$2,9 \cdot 10^9$	90
Stalać	100	277	$7 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$4,0 \cdot 10^9$	124
Cuprija	48	273	$3 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$0,9 \cdot 10^9$	23
Svilajnac	36	293	$2 \cdot 10^{-7}$	$6,8 \cdot 10^{-10}$	$3,4 \cdot 10^{-12}$	$1,4 \cdot 10^9$	44

ZAKLJUČAK

Odredjivani su osnovni parametri transporta radionuklida ^{90}Sr u prisustvu Ca^{++} kroz zemljište sa četiri lokaliteta u priobalju Velike i Južne Morave.

Primenom matematičkog jednodimenzionalnog modela transporta radionuklida kroz zemljište uz učešće sorpcije, izračunati su: koeficijent retardacije radionuklida, brzina migracije, koeficijent disperzije i vreme migracije kroz 1 m debljine sloja zemljišta.

Potrebni elementi za proračun odredjeni su eksperimentalno u

laboratorijskim uslovima: brzina kretanja vode kroz zemljište, koeficijenti distribucije radionuklida, sorpcioni kapacitet, vlaga i poroznost.

Najbrža migracija ^{90}Sr je na lokalitetu Čuprije, a najsporija u zemljištu iz Stalača. Migracija kroz 1 m sloja zemljišta odvija se više desetina godina.

Vreme poluraspada radionuklida nije uzimano u obzir.

ESTIMATION PARAMETERS OF MOVEMENT OF RADIONUCLIDES THROUGH SOIL BY USING OF ONE-DIMENSIONAL MODEL

ABSTRACT Characteristics of soil from a few locality under laboratory conditions was investigated. Density, porosity, cation exchange capacity, distribution coefficients, filtration coefficients and dispersion coefficients were evaluated.

Parameters of movement of radionuclides through soils by using of one-dimensional model and experimental data of characteristics of soil were estimated.

LITERATURA

1. Ljiljana Knežević i Olga Janković, Sorpcija i migracija radionuklida u zemljištu u okolini reaktora RA u Vinči, XI. Jugosl. simp. o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.
2. Lj. Knežević, O. Janković i M. Mandić, XXIII Savetovanje hemičara SR Srbije, Beograd, 1981.
3. E.G. Sapovski, Laboratorne radovi po gruntovedeniju i mehanike grunтов, "Nedra", Moskva, 1975.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD
ZRAČENJA OHRID 31. maj - 3. juni 1983.

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

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKUL-
TETA 71000 SARAJEVO, V. PUTNIKA 134.

TRANSFER Sr-90 U SISTEMU ZEMLJA-TRAVA-MLIJEKO-SIR

REZIME

Ispitivan je transfer Sr-90 u sistemu zemlja-trava-mlijeko-sir na 6 lokaliteta u BiH. Transfer je opisan izračunavanjem diskriminacionih i koncentracijskih faktora za pojedine karike ispitivanog sistema.

U V O D

Zbog znatnog uticaja radionuklida na dinamičku ravnotežu ekološkog sistema, potrebno je poznavati prostornu raširenost radionuklida, nivo radioaktivnosti te mehanizme njihove migracije, distribucije i translokacije od mjesta nastanka do čovjeka. U tom proučavanju dva faktora su od naročite važnosti: diskriminacioni i koncentracioni faktori.

Diskriminacioni faktori se definišu kao odnos nekog radioaktivnog elementa i njegovog stabilnog analoga koji mu je veoma sličan po hemijskim osobinama, a izražava se za Sr-90 u Bq Sr/g Ca. Koncentracija kalcija diskriminiše resorpciju Sr-90, pošto su ova dva elementa hemijski vrlo slična u procesu metabolizma (1,3).

Faktori koncentracije izražavaju odnos za procese koncentracije koji su prisutni unutar jedne biološke zajednice, a definišu se kao odnos koncentracije nekog radionuklida u biosferi prema koncentraciji istog radionuklida u biološkim populacijama koje u njoj žive. Kako koncentracija fisionih produkata u znatnoj mjeri zavisi od snižene ili povišene aktivnosti "FALLOUTA", može se i kod niskih koncentracija Sr-90 u biljkama (travi), postići visok faktor koncentracije kod životinja kojima ta biljka ulazi u lanac ishrane (1,2,3).

Materijal i metode rada

Za rad su uzeti uzorci tla, trave, kravljeg mlijeka i kravljeg sira sa šest lokaliteta u BiH, od kojih prva tri (1,2,3) imaju nadmorsku visinu oko 90 m, a druga tri (4,5,6) oko 900 m nadmorske visine. Pripremanje uzoraka za

rad vršeno je sušenjem (**uparavanj**e), spaljivanjem i žarenjem do 723^oK.

Za određivanje Sr-90 upotrebljena je metoda ekstrakcije tributilfosfatom uz korištenje itrijevog nosača.

Mjerenje je izvršeno na GM antikoincidentnom brojaču, za mjerenje niskih beta aktivnosti.

Diskriminacioni faktori i faktori koncentracije računati su za sljedeće odnose: trava /tlo, mlijeko/ trava i sir /mlijeko.

Za izračunavanje diskriminacionih faktora upotrijebili smo sljedeće formule:

$$DF_1 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca suhe trave}}{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca tla}}$$

$$DF_2 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca mlijeka}}{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca suhe trave}}$$

$$DF_3 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca sira}}{Bq \text{ Sr-90} \times g^{-1} \text{Ca mlijeka}}$$

Kod izračunavanja koncentracijskih faktora koristili smo se sljedećim formulama:

$$KF_1 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times kg^{-1} \text{ suhe trave}}{Bq \text{ Sr-90} \times kg^{-1} \text{ tla}}$$

$$KF_2 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times l^{-1} \text{ mlijeka}}{Bq \text{ Sr-90} \times kg^{-1} \text{ suhe trave} \times ll^*}$$

$$KF_3 = \frac{Bq \text{ Sr-90} \times kg^{-1} \text{ sira}}{Bq \text{ Sr-90} \times l^{-1} \text{ mlijeka}}$$

* =faktor kod suhe trave (sijena), prosječno dnevno uzimanje ove hrane za goveda.

Rezultati rada i diskusija

Za određivanje radijacionih karakteristika primjenjeni su diskriminacioni i koncentracijski faktori u sistemu tlo-trava-mlijeko-sir.

U radu su navedene i vrijednosti koncentracije Sr-90 u tlu, travi, kravljem mlijeku i kravljem siru. Rezultati istraživanja prikazani su u tabelama 1-3.

Izmjerene vrijednosti Sr-90 su se kretale u zavisnosti od vrste uzorka i nadmorske visine lokaliteta. Uočljivo je da je nivo aktivnosti Sr-90 veći kod lokaliteta sa većom nadmorskom visinom, što je vjerovatno posljedica povećanih količina padavina (tabela 1).

Koncentracija Sr-90 u uzorcima

Tabela 1.

Mjesto	V r s t a u z o r k a			
	tlo	trava	mlijeko	s i r
	Bq Sr-90xkg ⁻¹	Bq Sr-90xkg ⁻¹	Bq Sr-90 x l ⁻¹	Bq Sr-90xkg ⁻¹
1	0,59	4,90	0,32	0,44
2	0,11	10,25	0,16	0,33
3	1,77	1,90	0,004	0,04
4	7,38	24,37	0,17	0,29
5	5,20	28,82	0,14	0,28
6	17,30	42,61	0,32	1,12

U odnosu na vrstu uzorka zapaža se da je najviša aktivnost dobivena u uzorcima trave, a kretala se od 1,90 - 42,61 Bq x kg⁻¹ uzorka. Takođe se može reći da su vrijednosti u narednoj kariki ekološkog lanca više u odnosu na predhodnu, te je zbog toga bilo veoma važno odrediti diskriminacione faktore i faktore koncentracije za svaku kariku pojedinog lanca.

Diskriminacioni faktori su određeni za tri odnosa: trava/tlo, mlijeko/trava i sir/mlijeko. Dobivene vrijednosti su prikazane u tabeli 2.

Diskriminacioni faktori

Tabela 2.

DF	M i e s t a					
	1	2	3	4	5	6
DF ₁	1,32	2,03	0,47	0,78	2,63	1,98
DF ₂	0,88	0,22	0,02	0,10	0,04	0,05
DF ₃	0,60	1,18	6,38	0,71	0,52	1,15

Vrijednosti za diskriminacione faktore odnosa trava/tlo variraju od 0,47 - 2,63. Ovaj diskriminacioni faktor ovisi o koncentraciji kalcija u tlu.

Diskriminacioni faktor za odnos mlijeko/trava ovisi o koncentraciji Ca, te njegovog transfera iz trave u mlijeko. Vrijednosti DF_2 se kreću od 0,02 - 0,88.

Diskriminacioni faktor za odnos sir/mlijeko isključivo ovisi o koncentraciji Ca u mlijeku. Za ovaj faktor su dobivene vrijednosti od 0,52-6,38. DF_3 odnosa sir/mlijeko je dosta visok što je i razumljivo jer se iz veće količine mlijeka dobiva manja količina sira. Analiza rezultata koncentracijskih faktora za ispitivane odnose pokazuje da je najviša vrijednost dobivena za odnos trava /tlo, što je vidljivo iz tabele 3.

Koncentracijski faktori

Tabela 3.

KF	J E S T A					
	1	2	3	4	5	6
KF_1	8,30	9,23	1,07	3,30	5,54	2,46
KF_2	$5,94 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^{-3}$	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$6,34 \cdot 10^{-4}$	$4,42 \cdot 10^{-4}$	$6,83 \cdot 10^{-4}$
KF_3	1,38	2,06	10,00	1,71	2,00	3,50

Dobivene vrijednosti koncentracijskih faktora za odnos trava/tlo kretale su se u rasponu od 1,07-9,23, dok su koncentracijski faktori za odnos mlijeko/trava bili daleko ispod jedinice. Koncentracijski faktor odnosa sir/mlijeko kreće se u relativno velikom rasponu od 1,30-10,00, što je posljedica koncentrisanja u toku pripreme sira (od 3-4 l mlijeka dobija se 1 kg sira).

Z A K L J U Č A K

Iz vrijednosti diskriminacijskih i koncentracijskih faktora vidljivo je da i pri niskim aktivnostima u predhodnoj kariki ekološkog lanca može doći do kumulacije u narednoj, što nam govori o neophodnosti izračunavanja diskriminacijskih i koncentracijskih faktora.

S U M M A R Y

On 6 localities in Bosnia and Herzegovina there has been examined the transfer of Sr-90 in the land-grass-milk-cheese system. This transfer has been described by calculating the discriminatory and concentration factors for certain links of the examined system.

L I T E R A T U R A:

1. Horšić E. XI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja Portorož, 151, 1981.
2. Ruf M. Radiologie und biologie. München, 1967.
3. Kljajić R. Magistarski rad, Sarajevo 1981.
4. Džambasević M. Brnović R. X Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja Arandjelovac, 377, 1979.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 OHRID, 31. maj - juni 1983.

Emilija Horišić, Z. Milošević, R. Kljajić
 Zavod za Radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

GODIŠNJA DOZA OZRAČIVANJA POPULACIJE
 U LANCU VODA - RIBA - ČOVJEK

REZIME

U radu su dati rezultati godišnjih doza ozračivanja od prirodnih i fisionih radionuklida (Urana, Ra-226, Sr-90 i Cs-137) u lancu voda-riba-čovjek za populaciju u širem smislu uz potrošnju od 3 kg jedne vrste ribe po čovjeku za godinu dana. Izračunate su doze ozračivanja za populaciju i u užem smislu (kritična grupa to jest kod potrošnje 60 kg jedne vrste ribe po čovjeku za godinu dana.

U V O D

Upotreba nuklearne energije od strane čovjeka dovela je do značajnih kako lokalnih tako i općih zagadjenja biosfere zemlje. Danas ima mjesta na površini zemlje uključujući i njen vodeni dio, na kojima nivo radiološke kontaminacije dostiže za neke prestavnike hidrobiote i patogenu koncentraciju.

Da bi se došlo do parametara koji bi omogućili poznavanje jednog dijela načina širenja radioaktivnih materija, potrebno je znati njihovu koncentraciju u prirodnim vodama i biocenozama.

Radiološka povezanost kroz niz parametara omogućava da se iz visine kontaminacije vode i ribe pronadju ostvarene doze ozračivanja u sistemu riba-čovjek, koji mogu znatno pridonijeti povećanju ukupne doze ozračivanja, ako se riba koristi kao izvor proteina u ishrani ljudi.

Materijal i metode rada

Uzorci ribe (četiri vrste) uzeti su sa četiri lokaliteta iz različitih vodenih sredina (mrijestilišta, jezera, močvare, rijeke) Bosne i Hercegovine. Uzorci su uzimani dva puta godišnje u količini od 10-12 kg.

i to u proljeće i jesen. Nakon pripreme uzoraka izvršena je mineralizacija, zatim radijokemijske analize i radiometrijska mjerenja za sljedeće radionuklide: Uran, Ra-226, Sr-90 i Cs-137.

Određeni su sljedeći parametri:

- nivo koncentracije radionuklida
- faktori koncentracije radionuklida u sistemu riba-voda
- godišnja doza zračenja populacije u lancu voda-riba - čovjek od radionuklida.

Gamma spektrometrijska mjerenja vršena su za: Uran, Ra-226 i Cs-137 na Ge(Li) detektoru uz 16.000 kanalni analizator. Radiometrijska mjerenja za Sr-90 su radjena na antikoincidentnom brojaču Lara-5.

Rezultati i diskusija

Vrijednosti dobijenih parametara postavljene su u 4 tabele. Nivo koncentracije prirodnih i fisionih radionuklida riba prikazani su kao srednje vrijednosti.

KOLIČINA PRIRODNIH I FISIONIH RADIONUKLIDA
SLATKOVODNIH RIBA

Tabela 1.

NAZIV UZORKA	Bq $^{-1}$ Uxkg svjež.uz.	Bq $^{-1}$ Ra-226xkg svjež.uzor.	Bq $^{-1}$ Sr-90xkg svjež.uzor.	Bq $^{-1}$ Cs-137xkg svjež.uzor.
Pastrmka	0.010	0.280	0.212	0.078
Klen	0.002	0.240	1.382	0.066
Podust	0.126	1.674	0.542	4.529
Šaran	0.487	0.665	1.463	0.133

Rezultati prirodnih i fisionih radionuklida navedenih u tabeli br. 1 su u granicama literaturnih podataka pa čak i niže jedino izuzeće je riba "podust" iz močvare koja ima odstupanja u rezultatima ispitivanja i to: za Ra-226 koji je za jedan red veličine veći od ostalih, a isto to vrijedi i za Cs-137.

Da bi se mogao izračunati međusobni odnos vodene sredine i hidrobiote u njoj, tj. koncentracijski faktori, izvršena su mjerenja radioaktivnosti za Uran, Ra-226, Sr-90 i Cs-137 voda na četiri lokaliteta. Dobijeni rezultati za navedene radionuklide nalaze se u okvirima literaturnih

podataka. U ispitivanim vodenim sredinama izvršena je i analiza za stabilne elemente kalcija i kalija. Nivoi koncentracije Ca i K nalaze se u okvirima literaturnih podataka za slatke vode kopna. Koncentracija navedenih stabilnih elemenata ima veliki utjecaj na koncentracijske faktore prirodnih i fisionih radionuklida ispitivanih u ovom radu.

Faktori koncentracije izražavaju mjerila za koncentracijske procese koji se dešavaju unutar jedne biocenoze.

FAKTORI KONCENTRACIJE PRIRODNIH I FISIONIH RADIONUKLIDA SLATKOVODNIH RIBA

Tabela 2.

Naziv uzorka	U	Ra-226	Sr-90	Cs-137
Pastrmka	2.50	13.96	1.16	45.65
Klen	0.17	6.09	207.50	89.00
Podust	11.08	38.02	52.36	4080.00
Šaran	53.96	1.90	57.31	45.00

Razmatrajući vrijednosti faktora koncentracije, odnosno odredjivanje omjera ispitivanih radionuklida prema njihovoj koncentraciji u vodi, vidi se njihovo osciliranje od dosta niskih vrijednosti do veoma visoki, ali se svi nalaze u okvirima literaturnih podataka. I za faktore koncentracije riba podust iskače sa dobijenim vrijednostima od ostalih riba.

Polazeći od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK), apsorbovanih doza zračenja, propisa i zakona zaštite od zračenja, moguće je izvesti i maksimalno godišnje unošenje (MDGU) radio-nuklida putem vode i hrane, kao jednog relevantnog parametra potrebnog kod izračunavanja opterećenja populacije prirodnim i vještačkim radionuklidima putem hrane.

Poznavanje radiološke povezanosti kroz parametre koji su dobijeni, a koji su ujedno i potrebni za izračunavanje doze ozračivanja preko lanca voda - riba - čovjek, u širem i užem smislu. Potrebni parametri su:

- nivo koncentracije radionuklida ribe
- količina unešene ribe u kilogramima
- faktori koncentracije u sistemu riba - voda
- maksimalno dozvoljena doza zračenja za godinu dana (MDD) prema "Zakonu o zaštiti od zračenja"
- maksimalno dopustivo unošenje radionuklida (MDGU) prema "Pravilniku" o maksimalno dopuštenim granicama kontaminacije čovjekove okoline.

GODIŠNJA DOZA OZRAČIVANJA POPULACIJE U LANCU VODA-RIBA-
ČOVJEK OD PRIRODNIH I FISIONIH RADIONUKLIDA

Slatkovodne ribe - konzumacija 3 kg x god⁻¹

Tabela 3.

Naziv uzorka	U	Ra-226	Sr-90	Cs-137
	mSvxgod ⁻¹	mSv x god ⁻¹	mSv x god ⁻¹	mSv x god ⁻¹
Pastrmka	4.38×10^{-6}	1.62×10^{-6}	4.16×10^{-5}	3.02×10^{-4}
Klen	0.07×10^{-6}	6.00×10^{-6}	48.35×10^{-3}	4.99×10^{-4}
Podust	237.30×10^{-6}	26.55×10^{-6}	4.78×10^{-3}	15.38×10^{-2}
Šaran	44.21×10^{-6}	5.20×10^{-8}	1.42×10^{-3}	5.10×10^{-4}

Slatkovodne ribe - konzumacija 60 kg x god⁻¹

Tabela 4.

Naziv uzorka	U	Ra-226	Sr-90	Cs-137
	mSvxgod ⁻¹	mSvxgod ⁻¹	mSvxgod ⁻¹	mSvxgod ⁻¹
Pastrmka	8.76×10^{-5}	3.24×10^{-5}	8.32×10^{-4}	6.03×10^{-3}
Klen	0.15×10^{-5}	121.66×10^{-5}	96.71×10^{-2}	9.98×10^{-3}
Podust	476.61×10^{-5}	53.18×10^{-5}	9.56×10^{-2}	30.75
Šaran	88.43×10^{-5}	10.40×10^{-7}	2.84×10^{-2}	10.20×10^{-3}

Podaci navedeni u tabeli 3 pokazuju da jedino riba "PODUST" iz močvare daje najveću vrijednost u ostvarivanju doze ozračivanja od urana koja je za red veličina veća od doza ozračivanja od ostalih riba. Ostvarena doza ozračivanja za istu ribu od fisionog radionuklida Cs-137 je viša od maksimalne godišnje doze (MDD 1.700 mSv) dok su vrijednosti doza za ostale ribe za tri reda veličine manje kod populacije u širem smislu tj. kod potrošnje 3 kg ribe jedne vrste po čovjeku za godinu dana.

Rezultati u tabeli 4 pokazuju dozu ozračivanja populacije u užem smislu tj kod potrošnje 60 kg jedne vrste ribe po čovjeku za godinu dana (kritična grupa - ribari). I na ovoj tabeli se uočavaju visoke vrijednosti u ostvarenoj dozi zračenja od ribe Podust, jer se povećanom količinom ribe unosi veća kontaminacija u organizam. Doza ozračivanja za uran prelazi za dva reda veličine od ostalih ostvarenih doza dok doza ozračivanja za Cs-137 je veća za 15 puta od maksimalno dozvoljene doze za godinu dana.

Mora se naglasiti da je riba "podust" sitna riba i nema neku ekonomsku vrijednost i da je to endemska riba za svoju vodenu sredinu. No ona može da posluži kao bioindikator zagađenosti vodene sredine, kako za prirodne tako i za fisione radionuklide.

Na osnovu povećanih primljenih godišnjih doza ozračivanja populacije u lancu voda-riba-čovjek od prirodnih i fisionih radionuklida u širem i užem smislu može doći do povećanja unutrašnjeg radijacionog opterećenja (URO), koje ima utjecaja na integralno radijaciono opterećenje (IRO). Tačna prognoza integralnog radijacionog opterećenja ljudi je moguća samo uz poznavanje utjecaja svih faktora u okviru jednog modela radijacionog opterećenja. Postoje osnovne razlike u dejstvu zračenja na organizam ljudi od prirodnih i fisionih radionuklida (alfa, beta, gama), a što dovodi do podjele radijacionog opterećenja na spoljašnje i unutrašnje.

Na osnovu toga se mogu matematički obradivati samo pojedini djelovi modela radijacionog opterećenja.

Z A K L J U Č A K:

- Godišnja doza zračenja čovjeka putem lanca voda-riba-čovjek biće to veća što je viša kontaminacija ribe i što je veća konzumacija ribe (ribari).

- Povećana godišnja doza ozračivanja populacije putem biološkog ciklusa - lanca ishrane, može dovesti do povećanog unutrašnjeg radijacionog opterećenja.

- Parametri dobijeni kroz ovakvu obradu podataka mogu poslužiti za izradu prognostičkog modela radijacionog opterećenja čovjeka.

S U M M A R Y

This paper offers the results on the annual doses of population radiation by natural and fission radionuclids (Ura, Ra-226, Cs-137 and Sr-90) in the water-fishhuman being chain) with the annual consumption of 3 kg of one sort of fish per head. There have been calculated the doses of population radiation (critical group) with the annual consumption of 60 kg of one sort of fish per a head.

LITERATURA

1. ALICA BAUMAN: XI Simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja. Portorož 21.IV - 24.IV.1983.
2. EMILIJJA HORŠIĆ: Disertacija, Sarajevo 1983.
3. EMILIJJA HORŠIĆ: XI Simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja, Portorož 21.IV. - 24.IV.1983 (151-156)
4. EMILIJJA HORŠIĆ,
MILOŠEVIĆ Z.,
BAUMAN ALICA,
KLJAJIĆ R.: Zbornik IX Simpozijuma Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce (1977) (311)
5. CLAJUS, P.: Zur Ekologie des Radium Literaturbericht Report SAAS-183 (1975)
6. Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i obavljanju dekontaminacije "Službeni list SFRJ", 32/79)
7. Zakon o zaštiti od jonizirajućih zračenja, "Službeni list SFRJ", broj 54/76)
8. WOODHEAD, D,S,: Environment, IAEA-SM-158/31 Vienna (1973)

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983. god.

R.Mitrović, Slobodanka Stanković, T.Bojović*,

B.Petrović**, Gordana Djurić**

Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Zemun, Banatska 31b

*Vojno medicinska akademija, Beograd

**Veterinarski fakultet, Beograd

UKUPNA ALFA AKTIVNOST U INDUSTRIJSKI
PROIZVEDENIM STOČNIM HRANIVIMA

REZIME U radu su izneti rezultati istraživanja nivoa ukupne alfa aktivnosti u industrijski proizvedenim stočnim hranivima.

Uzorci su uzeti sa određenih punktova severozapadnog dela SR Srbije bez SAP. Ukupna alfa aktivnost je određena u krmnoj smeši za svinje u porastu i tovu do 60 kg ("ST-1") i u komponentama koje ulaze u njen sastav: sojina sačma, lucerkino brašno, mekinje, suncokretova sačma i riblje brašno. Merenje je vršeno na brojaču za niske aktivnosti alfa/beta sistem "CANBERRA".

UVOD

Da bi se ustanovili pravi radiološki efekti u nekom eko sistemu potrebno je da se upoznaju svi putevi translokacije radionuklida od mesta nastanka do živih organizama, da se prati njihov migracioni tok i distribucija, njihova akumulacija, odnosno njihova koncentracija u pojedinim sredinama i njihovim delovima (1).

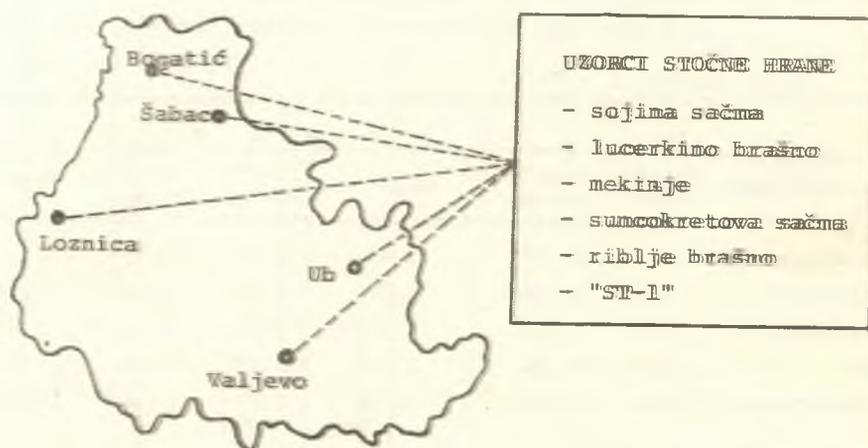
Proučavanje ekologije alfa emitera od posebnog je interesa sa radijaciono-higijenskog stanovišta zbog činjenice da su prisutni u zemljinoj kori. Smatra se da se alfa emiteri u zemljištu nalaze u dva osnovna stanja: inertno i pokretno (S.L.EVSEVA, I.A. PERELJMAN) (2). Njihov stepen pokretljivosti u zavisnosti je od minerala sa kojima su vezani. Oni koji se nalaze u pokretnoj formi

sposobni su da migriraju u prirodne vode, uključujući se na taj način u lanac ishrane. Pokretne forme alfa emitera prodiru u biljke procesom jonske izmene, ili u vodi kompleksnih jedinjenja sa organskim kiselinama koje izlučuje korenov sistem biljaka (3).

Imajući u vidu činjenicu da su biljne komponente sastavni deo krmnih smeša za intenzivan tov domaćih životinja kao i mogućnost translokacije u životinjski organizam, a preko stočnih proizvoda i u organizam čoveka, od značaja je poznavanje nivoa ukupne alfa aktivnosti.

MATERIJAL I METODE RADA

Industrijski proizvedena stočna hraniva - sojina sačma, lucerkino brašno, mekinje, suncokretova sačma, riblje brašno i krmna smeša za tov svinja do 60 kg ("ST-1"), sakupljena su iz severozapadnog dela SR Srbije bez SAP. Uzorci su uzeti na određenim punktovima prema shemi 1.



Shema 1.- Shematski prikaz prikupljanja uzoraka u severozapadnom delu SR Srbije bez SAP.

Metoda merenja ukupne alfa aktivnosti u uzorcima iz životne sredine dugi niz godina se koristi za procenu nivoa kontaminacije zbog jednostavnosti i brzine postupka merenja (4). Pošto

uzorci mogu biti kontaminirani smešom nepoznatih radionuklida, metoda merenja ukupne alfa aktivnosti podrazumeva merenje svih alfa emitera u uzorku.

Pripremanje izvora za merenje ukupne alfa aktivnosti obavljeno je postupkom homogenizacije aktivnosti u uzorcima pomoću električnog mlina (deo proizvodnog tehnološkog postupka), a koncentrovanje aktivnosti u uzorcima postupkom suvog spaljivanja koje je ranije opisano (5). Uzorci mineralnog ostatka od 1 g. su preparirani u čeličnim planšetama, a ukupna alfa aktivnost je merena na brojaču alfa/beta sistem "CANBERRA". Za efikasnost kao reprezentativni radionuklid za nepoznatu smešu radionuklida u energetskom intervalu 4-8 MeV-a korišćen je ^{239}Pu .

REZULTATI I DISKUSIJA

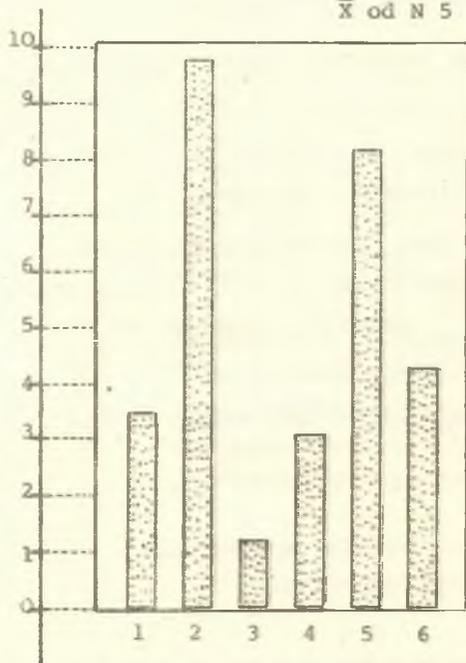
Na osnovu izvršenih merenja ukupne alfa aktivnosti u odabranim uzorcima došlo se do sledećih rezultata prikazanih u tabeli 1.

Tab. br. 1. Nivo ukupne alfa aktivnosti u uzorcima
industrijski proizvedenih stočnih hraniva
Bq kg⁻¹ sv. uz.

MESTO UZORKOVANJA	U Z O R A K					
	Sojina sačma	Lucerkino brašno	Mekinje	Sunco. sačma	Riblje brašno	"ST-1"
Loznica	2,24	20,09	1,62	3,93	13,13	2,72
Bogatić	2,00	6,10	0,59	2,39	8,89	5,18
Valjevo	3,83	3,62	1,63	1,76	3,90	4,68
Ub	3,06	11,00	1,14	5,63	8,21	4,85
Koceljeva	6,20	7,98	0,61	1,66	6,41	3,62
Statistički parametri						
Srednja vrednost \bar{x}	3,47	9,76	1,13	3,07	8,11	4,21
Standardna devij. SD	1,69	6,37	0,53	1,69	3,41	1,02
Interval varijac. Iv	4,20	16,47	1,09	3,97	9,23	2,46

Analizirajući podatke za ukupnu alfa aktivnost ispitivanih uzoraka sledi da je nivo aktivnosti:

- sojine sačme od 2,00 (Bogatić) do 6,20 Bq kg⁻¹ (Koceljewa) sa intervalom varijacije 4,20 Bq kg⁻¹;
- lucerkinog brašna od 3,62 (Valjevo) do 20,09 Bq kg⁻¹ (Loznica) sa intervalom varijacije 16,47 Bq kg⁻¹;
- mekinja od 0,59 (Bogatić) do 1,68 Bq kg⁻¹ (Loznica) sa intervalom varijacije 1,09 Bq kg⁻¹;
- suncokretove sačme od 1,66 (Koceljewa) do 5,63 Bq kg⁻¹ (Ub) sa intervalom varijacije 3,97 Bq kg⁻¹;
- ribljeg brašna od 3,90 (Valjevo) do 13,13 Bq kg⁻¹ (Loznica) sa intervalom varijacije 9,23 Bq kg⁻¹, i
- krmne smeše "ST-1" od 3,62 (Koceljewa) do 5,18 Bq kg⁻¹ (Bogatić) sa intervalom varijacije 2,46 Bq kg⁻¹.

Bq kg⁻¹ \bar{x} od N 5

LEGENDA:

1. Sojina sačma
2. Lucerkino brašno
3. Mekinje
4. Suncokretova sačma
5. Riblje brašno
6. "ST-1"

Uzorci stočne hrane

HIST.br. 1. Srednji nivoi ukupne alfa aktivnosti u uzorcima ispitivanih stočnih hraniiva.

Medjutim, ukoliko se aktivnosti svedu na srednje nivoe (hist.br. 1) može se konstatovati da od ispitivanih uzoraka najviši nivo ukupne alfa aktivnosti imaju lucerkino brašno $9,76 \text{ Bq kg}^{-1}$ i riblje brašno $8,11 \text{ Bq kg}^{-1}$. Ostali uzorci: sojina sačma, suncokretova sačma i krmna smeša "ST-1" su na nivou aktivnosti između 3 i 4 Bq kg^{-1} .

Vrednost aktivnosti alfa emitera iskazana kroz ukupnu alfa aktivnost je promenljiva, a na trend ove aktivnosti utiču brojni faktori kao što su: trenutna koncentracija alfa emitera u vazduhu, vodi i zemljištu, sastav tla, biljni pokrivač itd.

Rezultati prezentirani u ovom radu nameću potrebu sistematskog istraživanja alfa emitera u stočnim hranivima kao i identifikaciju porekla nivoa alfa aktivnosti.

ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetih rezultata može se zaključiti:

1. Ukupna alfa aktivnost je evidentna u svim ispitivanim uzorcima;
2. Nivoi ukupne alfa aktivnosti su varijabilni i kreću se od $0,59$ (mekinje) do 20 Bq kg^{-1} (lucerkino brašno);
3. Prema nivou ukupne alfa aktivnosti ispitivani uzorci se mogu grupisati u dve grupe, u grupu $8 - 10 \text{ Bq kg}^{-1}$ (lucerkino i riblje brašno) i grupu do 4 Bq kg^{-1} (mekinje, suncokretova sačma, sojina sačma i krmna smeša "ST-1");
4. Dobijeni rezultati ukazuju na potrebu daljih radijaciono-higijenskih istraživanja.

THE TOTAL ALPHA ACTIVITY IN INDUSTRIALLY PRODUCED COMPOUND FEEDS

SUMMARY: The results of the investigation of the total alpha activity level in industrially produced compound feeds have been presented in the work.

The samples were taken from the particular supply points in the south-west region of SR Srbija (SAP is not included). The total alpha activity is determined in the compound feed for whine durin growth and fattening to 60 kg ("ST-1") and in the components of which it made soybean meal, lucerne meal, bran, sunflower oil meal and fish meal.

The measurement has been done by the counter for the low level -activity "CANBERRA".

LITERATURA:

1. B. Petrović, B. Draganović: Osnovi radioekologije animalne proizvodnje, Veterinarski fakultet, 1979, Beograd.
2. R. Radovanović i sar.: Radionuklidi u životnoj sredini, Institut za medicinu rada, 1979, Beograd.
3. V.N. Guskova: Uran-radiaciono gigieničeskaya karakteristika, "Atomizdat", 1969, Moskva.
4. Dobrilović Lj. i sar.: Measurement of total alpha activities in thick samples by means of Si semiconductor detector, Institute of Nuclear Sciences "Boris Kidrič", 1982, Beograd.
5. R. Mitrović, Slobodanka Stanković, Jevrosima Begović: Komparativno odredjivanje UbA u uzorcima stočnih hrana različitog lokaliteta i porekla, VI Savetovanje o dijagnostici, profilaksi i terapiji u savremenoj stočarskoj proizvodnji, 1980, Primošten.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Slobodanka Stanković, R.Mitrović, Gordana Djurić, B.Petrović*
Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinar-
stvu i šumarstvu, Zemun, Banatska 31b
*Veterinarski fakultet, Beograd, Bulevar JNA 18

KOEFICIJENTI NAKUPLJANJA BIOLOŠKI ZNAČAJNIH RADIONUKLIDA
U INDUSTRIJSKI PROIZVEDENIM STOČNIM HRANIVIMA

REZIME... Koeficijent nakupljanja (K_{nak}), kao radioekološki parametar za kvantitativno opisivanje translokacije radionuklida, određen je za prelaz ukupne beta aktivnosti (UbA) i radioelemenata kalijuma-40 i cezijuma-137 iz komponenti u krmnu smešu. Ispitivanja se odnose na krmnu smešu za tov svinja u porastu i tovu do 60 kg - ("ST-1") i njene komponente (kukuruz, lucerkino brašno, sojina sačma, suncokretova sačma i riblje brašno) koje su uzorkovane u severozapadnom delu SR Srbije bez SAP.

UVOD

U cilju kontrolisanja radiokontaminacije pojedinih delova ciklusa animalne proizvodnje neophodno je pratiti radioekološke parametre translokacije biološki važnih radionuklida. Medju mnogim parametrima koji odredjuju radijacionu sigurnost koristi se i koeficijent nakupljanja (K_{nak}) (1).

Koeficijent nakupljanja definisan je kao:

$$K_{nak} = \frac{C_n}{C_{n-1} - 1}$$

gde je

C_n sadržaj radionuklida u odgovarajućim jedinicama u "n"-toj karici ekološkog sistema;

C_{n-1} sadržaj radionuklida u odgovarajućim jedinicama u "n-1"-toj karici tog sistema.

MATERIJAL I METOD RADA

Za odredjivanje K_{nak} , U_{Ba} , ^{40}K i ^{137}Cs opredelili smo se za važnije komponente krmne smeše "ST-1" i to: kukuruz, sojinu sačmu, lucerkino brašno, suncokretovu sačmu i riblje brašno, koji prema recepturi datoj u našem ranijem radu (2) ulaze u sastav krmne smeše "ST-1". Svi ispitivani uzorci potiču iz pet lokacija Podrinjsko-kolubarskog regiona gde postoje fabrike stočne hrane, šema prikupljanja uzoraka opisana je u radu R. Mitrovića i saradnika (3). Nivo aktivnosti za U_{Ba} , ^{40}K i ^{137}Cs odredjen je po ranije opisanim metodama (4, 5, 6).

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1. prikazani su rezultati odredjivanja ukupne beta aktivnosti, nivoa aktivnosti kalijuma-40 i cezijuma-137, kao i cezijumskih jedinica (odnos aktivnosti ^{137}Cs Kg^{-1} i sadržaja ukupnog kalijuma (%), kao srednje vrednosti uzoraka prikupljenih i izmerenih na pet lokaliteta. Analizirajući podatke prikazane u tabeli 1. zapaža se neujednačenost vrednosti za nivoa aktivnosti U_{Ba} , ^{40}K i ^{137}Cs , kao i znatno više vrednosti za analizirane komponente u poredjenju sa krmnom smešom "ST-1". Jedino uzorci kukuruza imaju znatno niže vrednosti za U_{Ba} , ^{40}K i ^{137}Cs u odnosu na ostale komponente, kao i na analiziranu krmnu smešu. Izrazito visoke vrednosti za U_{Ba} imaju uzorci lucerkinog brašna, sojine i suncokretove sačme. Medjutim, posmatrajući nivoa ^{40}K u navedenim uzorcima vidi se da sadržaj kalijuma-40 prati U_{Ba} i da se taj doprinos kalijuma-40 u U_{Ba} nalazi u intervalu od 84,98 - 89,36%.

Uzimajući u obzir procentualni sastav krmne smeše u odnosu na komponente lucerkino brašno znatno utiče na U_{Ba} smeše, ona povećava, dok zbog manjeg procenta zastupljenosti u "ST-1" sojina i suncokretova sačma manje doprinose ukupnoj beta aktivnosti krmne smeše (tabela 2.).

Najviši nivo aktivnosti cezijuma -137 imaju uzorci ribljeg brašna 20,6 CJ (tabela 1.), medjutim uzimajući u obzir učešće pojedinih komponenti u "ST-1" (tabela 2.) najveći je sadržaj cezijuma u kukuruzu - 2,92 CJ.

Tab. br. 1. UKUPNA BETA AKTIVNOST I NIVO AKTIVNOSTI ^{40}K i ^{137}Cs U VAŽNIJIM KOMPONENTAMA KRMNE SMEŠE "ST-1"

\bar{X} od N=5

UZORAK	Bq Kg^{-1}			CJ
	U _{βA}	^{40}K	^{137}Cs	
KUKURUZ	65,97 ± 20,35	55,20 ± 18,79	0,27 ± 0,20	4,2
SOJINA SAČMA	473,24 ± 83,09	402,14 ± 74,24	0,74 ± 0,30	1,4
LUCERKINO BRAŠNO	616,78 ± 211,89	539,81 ± 177,52	0,84 ± 0,14	1,4
SUNCOKRETOVA SAČMA	354,76 ± 104,74	317,02 ± 98,78	1,11 ± 0,70	2,6
RIBLJE BRAŠNO	199,15 ± 89,26	175,62 ± 78,09	3,43 ± 1,02	20,6
"ST-1"	181,06 ± 6,76	164,27 ± 7,99	1,18 ± 0,30	5,8

Tab. br. 2. NIVO AKTIVNOSTI ^{40}K I ^{137}Cs KORIGOVAN U ODNOSU NA PROCENTUALNU ZASTUPLJENOST ANALIZIRANIH KOMPONENATA U KRMNOJ SMEŠI "ST-1"

UZORAK	% u krmnoj smeši	U _B A	^{40}K	^{137}Cs	CJ
KUKURUZ	69,6	45,92	38,41	0,19	2,92
SOJINA SAČMA	7	33,13	28,15	0,05	0,09
LUCERKINO BRAŠNO	10,0	64,68	53,98	0,09	0,14
SUNCOKRETOVA SAČMA	7	24,83	22,19	0,07	0,18
RIBLJE BRAŠNO	4	7,97	7,02	0,14	0,82
"ST-1"		181,06	164,27	1,18	5,8

Tab. br. 3. KOEFICIJENTI NAKUPLJANJA ^{40}K I ^{137}Cs IZ KOMPONENTI U KRMNU SMEŠU "ST-1"

UZORAK	U _B A	^{40}K	^{137}Cs	CJ
KUKURUZ	3,94	4,28	6,21	1,99
SOJINA SAČMA	5,47	5,83	23,60	64,44
LUCERKINO BRAŠNO	2,79	3,04	13,11	41,43
SUNCOKRETOVA SAČMA	7,29	7,40	16,85	32,22
RIBLJE BRAŠNO	22,72	23,40	8,42	7,07
"ST-1"	-	-	-	-

U tabeli 3 prikazane su vrednosti za koeficijente nakupljanja ^{40}K i ^{137}Cs . Iz prikazanih podataka sledi da je u svim ispitivanim uzorcima koeficijent nakupljanja veći od jedinice, što je u saglasnosti sa njegovom definicijom. Koeficijent nakupljanja je izrazito veći kod ribljeg brašna, što znači da se ukupna beta aktivnost za nekoliko puta više nakuplja u ribljem brašnu nego kod ostalih uzoraka. Isti zaključak sledi i za ^{40}K , jer ovaj radionuklid prati ukupnu beta aktivnost.

^{137}Cs se najviše nakuplja u sojinoj sačmi, što je još izraženije kod rezultata prikazanih kao cezijumske jedinice, zatim slede lucerkino brašno i suncokretova sačma. U ribljem brašnu koeficijent nakupljanja za ^{137}Cs nije tako izražen kao kod ostalih uzoraka. Tako se može smatrati da komponente krmne smeše "ST-1" pokazuju izvesnu selektivnost u odnosu na radiocezijum, što se ne bi moglo zaključiti za ukupnu beta aktivnost i kalijum-40, gde su vrednosti uglavnom ujednačene, osim kod ribljeg brašna koje su znatno više od ostalih.

Slične pravilnosti dobijene su i pri analizi koeficijenta prelaza radionuklida iz analiziranih komponenti u krmnu smešu "ST-1" u našem ranijem radu (2).

U biološkom lancu ishrane (biljne i animalne komponente - stočno hranivo - meso - čovek) moguće je odgovarajućom selekcijom komponenata na osnovu ovakvih radijaciono-higijenskih istraživanja, uticati na tehnološku recepturu spravljanja krmne smeše, a time i na nivo aktivnosti u njoj, odnosno mesu, čoveku.

COEFFICIENTS OF THE ACCUMULATION OF BIOLOGICALLY SIGNIFICANT RADIONUCLIDES IN INDUSTRIALLY PRODUCED COMPOUND FEEDS

SUMMARY: The coefficient of the accumulation of biologically significant radionuclides (K_{acc}), as the radioecological parameter for quantitative description of radionuclides translocation, is determined for the transit of total beta activity (TbA), and the radioelements potassium-40 and caesium-137 from the components to the compound feed "ST-1". The investigation is concerned with the compound feed used for the nutrition of piggs to 60 kg ("ST-1") and its components: (maize, lucerne meal, soybean meal, sunflower oil meal and fish meal), which are obtained in the Nord-West region of SR Srbije (SAP is not included).

BIBLIOGRAFIJA

1. Radovanović R.: Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd, 1974.
2. Mitrović R., Stanković S., Djurić G., Petrović B.: Zbornik radova V Kongresa veterinara i vet. tehničara, Skopje, 1982.
3. Mitrović R., Stanković S., Bojović T., Petrović B., Djurić G.: XII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983.
4. Djurić G., Petrović B.: Praktikum za radijacionu higijenu, Beograd, 1976.
5. Stanković S., Gačević M.: III Savetovanje o dijagn. profilaksi i terapiji u savremenoj stočarskoj proizvodnji, Primošten, 1977.
6. Stanković S., Mitrović R., Begović J.: XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.

B. Žeškov, M. Adamov, Mitra Panevska
Veterinaren institut „Skopje“ - Skopje

^{90}Sr i ^{137}Cs VO VODATA, SENOTO I PRODUKTITE OD GOVEDA

Ispitano e nivoto na aktivnosta na stroncium-90 i cezium-137 vo vodata, senoto, kravjoto mleko, mesoto i koskite od goveda na podračjeto na slivot na reka Vardar.

Iako kontaminacijata na biosferata so zaostanatite posle nuklearnite i termonuklearnite eksperimentalni eksplozii vo tek na izminatite nekolku desetletija ^{90}Sr i ^{137}Cs vo denešno vreme dostigna mnogu nisko nivo, brziot razvoj na nuklearnata tehnologija so konsektivna konstantna kontaminacija na životnata sredina, naložuva permanentna kontrola na radioaktivnosta vo čovekovata okolina.

Materijal i metodi

Ispitano e nivoto na radioaktivnosta vo vodata, senoto, kravjoto mleko, mesoto i koskite od goveda vo pogled na soadržinata ^{90}Sr i ^{137}Cs vo pet lokaliteti od podračjeto na slivot na reka Vardar. Uzorcite se zemani od avtohtoni goveda, kako i od voda i seno ~~so~~ koi se tie braneti i poeni, dva pati godišno - vo prolet i esen.

Stroncium-90 e određuvan so metodata na ekstrakcija so tributilfosfat, a cezium-137 gamaspektrometriski.

Rezultati

Količestvoto na stroncium-90 vo senoto pogolemo e na prolet, a vo koskite na esen, dodeka mlekoto i mesoto ne pokažuvaat se-sonski variacii. Stroncium-90 vo vodata ne e utvrden.

Količestvoto na cezium-137 vo vodata pogolemo e na prolet. Vo senoto cezium-137 e utvrden kaj četiri uzorci od proleznata, a samo kaj eden od esenskata sezona. Vo esenskite uzorci od mleko i meso cezium-137 ne e najden, a vo proleznite samo vo eden uzorak od mleko i četiri od meso. Cezium-137 vo koskite ne e utvrden.

ABSTRACT

^{90}Sr and ^{137}Cs in water, hay and products of cattles

B. Žeškov, M. Adamov, Mitra Panevska

Results are stated of an examination of the radioactivity level of Sr-90 and Cs-137 in water, hay, cow's milk, meat and bones of cattles in the region of river basin of river Vardar.

Quantity of Sr-90 in hay was larger in spring, but in bones in autumn. Cow's milk and meat do not show variations in dependence of seasons. Sr-90 in water was not found.

Quantity of Cs-137 in water was larger in spring than in autumn. Cs-137 in hay was found in four samples of spring and only one of autumn. Cs-137 was not identified in samples of milk and meat in autumn. In bones Cs-137 was not determined.

Literatura

1. Allen D.J.: Int.J.Appl.Radiat.and Isotops 27, 12, 716-719, 1976.
2. Antonova et al.: Gigiena i sanitaria 4, 65-66, 1975.
3. Benes J.: Tech.Rep.Series 95, I, A.B.A., Vienna, 1969.
4. Eisenbund M.: Academic Press, New York, 1973.
5. Klečkovski V.M. et al.: Atomizdat, Moskva, 1971.
6. Russel R.S.: Pergamon Press, Oxford, 1966.

B. Žeškov, Mitra. Panevska, M. Adamov
Veterinaren institut „Skopje“ - Skopje

PRISASTVO NA NEKOI PRIRODNI RADIONUKLIDI VO CIKLUSOT NA GOVEDARSKO-
TO PROIZVODSTVO

Ispitano e nivoto na aktivnosta na kalium-40, radium-226, torium-232, uran, olovo-210 i polonium-210 vo ciklusot na govedarskoto proizvodstvo vo centralniot radioekološki sistem na SR Makedonija.

Celata biosfera, pa spored toa vazduhot, hranata i vodata sodržat izvesno količestvo prirodni radionuklidi, koe uslovuva da čovekot i site biološki populacii permanentno metabolički se optovaruvaaat so značitelno količestvo radioaktivni materii. So ogled deka nema konečno soznanie za biološkite efekti od dolgotrajnata ekspozicija na niski aktivnosti, neophodno e sistematsko sledenje i utvrduvanje zakonitostite na teritorijalnata distribucija na radioaktivnite rezidui od prirodnite radioelementi.

Materijal i metodi

Radiometriskite ispituvanja go obfatija govedarskoto proizvodstvo od pet lokaliteti vo centralniot radioekološki sistem na SR Makedonija. Uzorcite od meso, koski i mleko se zemani od avtohtoni goveda, rodni i odgledani kaj individualni proizvođiteli. Uzorcite se sobirani vo prolet i esen za da može da se utvrdi even-

tualna razlika vo nivoto na aktivnosta vo zavisnost od godišnata sezona.

Za merenje nivoto na radioaktivnosta primeneti se, vo zavisnost od vidot na radionuklidite, adekvatni metodi i postapki : kalium-40, radium-226, torium-232 i uran se analizirani gamaspektrometriski, olovo-210 so radiohemiska postapka, a polonium-210 so elektredepozicija na srebro.

Rezultati

Vo kravjoto mleko količestvoto na kalium-40 ne pokažuva signifikantni sezonski variacii. Srednite vrednosti za torium-232 se povisoki vo esen, a za radium-226 i uran, koji se utvrdeni samo vo po tri od pette lokaliteti, vo prolet.

Vo mesoto od govedata srednite vrednosti za kalium-40 i torium-232, kako i za uran, koj ne e utvrden kaj dva od pette lokaliteti, povisoki se vo esenskata, a za radium-226 vo proletnata sezona.

Vo koskite od govedata samo srednata vrednost za kalium-40 e povisoka vo proletnata, dodeka srednite vrednosti za torium-232, radium-226, koj pri esenskoto uzorkovanje ne e najden vo eden lokalitet, i uran, koj e utvrden samo vo četiri od pette lokaliteti, vo esenskata sezona.

Abstract

SOME NATURAL RADIONUCLIDES IN THE CYCLE OF CATTLE RAISING

B. Žeškov, Mitra Panevska, M. Adamov

In this work was examined the radioactivity level of K-40, Ra-226, Th-232, uranium, Pb-210 and Po-210 in the cycle of cattle raising in central radioecological system of SR Macedonia.

In cow's milk the quantity of K-40 do not show significant variations in dependence od seasons. Middle-values for Th-232 were higher in autumn, when for Ra-226 and uranium, which were found only in three of five localities, in spring.

In the meat of cattle middle-values for K-40 and Th-232, as well as for uranium, which was not found in two of five localities, were higher in autumn and for Ra-226 in spring.

In the bones of cattle only middle-value for K-40 was higher in spring, when middle-values for Th-232, Ra-226 and uranium were higher in autumn.

Literatura

1. Baltakmens T.: N. Zealand Jour. of Sci. 17, 435, 1974.
2. Hansen W.R., Walters R.L.: Radiation Biol. 10, 371, 1970.
3. Hoffman et al.: Health Phys. 26, 1, 65-70, 1974.
4. Kauranen et al.: Ann. Zoo. Fennici 8, 2, 318-323, 1971.
5. Katsuaki K., Kaxoko T.: Radioisotopes 25, 5, 260-264, 1976.
6. Ladinskaja et al.: Ekologija 1, 32-35, 1976.
7. Muth N. et al.: Health Phys. 2, 239, 1960.
8. Morse R.S., Welford G.A.: Health Phys. 21, 53, 1971.
9. Parfenov Yu.D.: Atom. Energy Rev. 12, 1, 75-143, 203-204, 1974.
10. Spiers F.M., Whitwell J.R.: Salt Lake City, Utah, 537-552, 1976.
11. Smirnova A.P.: Sbornik rabot Leningradskij Vet. Inst. 33, 285-288, 1973.
12. Torxik E. et al.: Health Phys. 26, 1, 81-87, 1974.
13. Wlodek S. et al.: Nukleonika 80, 1971.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj-3 jun 1983

Gordana Djurić, Petrović B.
Katedra za radiologiju, Veterinarski fakultet, Beograd

FUNKCIONALNA ZAVISNOST NIVOA UKUPNE BETA AKTIVNOSTI
I AKTIVNOSTI ^{40}K ZA ŽIVINSKO MESO I JAJA

KRATAK SADRŽAJ

Na osnovu velikog broja merenja nivoa ukupne beta aktivnosti i aktivnosti ^{40}K u živinskom mesu i jajima, ustanovljeno je da između ove dve veličine postoji linearna zavisnost sa koeficijentom korelacije bliskim jedinici. Ova zavisnost iskazana je linearnom jednačinom $y=ax+b$, a za određeni opseg nivoa merenih aktivnosti. Postavljene jednačine omogućavaju izračunavanje aktivnosti ^{40}K ili ukupne beta aktivnosti, a na osnovu merenja samo jedne od ovih veličina za ispitivane uzorke. Iz vrednosti ukupne beta aktivnosti i aktivnosti ^{40}K izračunava se ostala beta aktivnost. Ova veličina je pokazatelj za dalju radijaciono-higijensku ekspertizu namirnica.

U V O D

Osnov radijaciono-higijenske ekspertize namirnica životinjskog porekla je poznavanje nivoa aktivnosti ^{40}K ($A^{40}\text{K}$) u tim namirnicama. Razlog je, činjenica, da je doprinos $A^{40}\text{K}$ u ukupnoj aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u namirnicama životinjskog potekla preko 90% (Eisenbud 1973).

Izučavanje funkcionalne zavisnosti između nivoa ukupne beta aktivnosti ($U_{\beta A}$) prirodnih i proizvedenih radionuklida i nivoa $A^{40}\text{K}$ je od višestrukog značaja za celokupnu stočnu proizvodnju, a naročito za namirnice iz ove proizvodnje. Rezultati ovih izučavanja prvenstveno omogućavaju brzu procenu radijaciono-higijenske ispravnosti namirnica. Na osnovu velikog broja određivanja nivoa $U_{\beta A}$ u namirnicama, konstatovano je da između ove dve veličine postoji linearna zavisnost (Djurić, 1979), koja se može prikazati linearnom jednačinom:

$$\begin{aligned} \text{UbA } (y) &= f (A^{40}\text{K}) (x) && \dots\dots\dots /1/ \\ y &= ax + b && \dots\dots\dots /2/ \end{aligned}$$

Cilj ovog rada bio je da se preko eksperimentalnih podataka o nivou UbA i $A^{40}\text{K}$ za živinsko meso i jaja odrede jednačine koje opisuju zavisnost pomenutih veličina, kao i da se sagleda praktični značaj postavljenih jednačina.

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

Uzorci živinskog mesa i jaja iz intenzivnog uzgoja sakupljeni su po metodi slučajnog izbora uz određena ograničenja. Ova ograničenja odnosila su se na broj farmi (pet farmi), kategoriju i starost živine (brojleri starosti šest do deset nedelja i nosilje stare 64 nedelje), kao i vremenski period sakupljanja uzoraka (proleće i jesen). Ispitivano je belo i crno meso brojlera i nosilja (70 jedinki) kao i jestivi deo jaja (250 komada). Svi uzorci su mineralizovani metodom suvog spaljivanja (Djurić i Petrović 1976), jer su UbA i $A^{40}\text{K}$ određivani iz mineralnog ostatka uzoraka.

Nivo UbA živinskog mesa i jaja određen je metodom za merenje niske beta aktivnosti (Ćirković 1979), a nivo $A^{40}\text{K}$ spektrometrijom gama zračenja pomoću $\text{Ge}(\text{Li})$ detektora i višekanalnog analizatora (Wang et al. 1975).

R E Z U L T A T I I D I S K U S I J A

Na osnovu izmerenih vrednosti $\text{UbA} (y)$ [$\text{Bq kg}^{-1} \text{sv.uz.}$] i $A^{40}\text{K}(x)$ [$\text{Bqkg}^{-1}\text{sv.uz.}$] za uzorke mesa i jaja, izračunate su sledeće jednačine koje opisuju zavisnost između navedenih veličina,

JEDNAČINA	KK	O P S E G		UZORAK
		UbA	$A^{40}\text{K}$	
		[$\text{Bq kg}^{-1}\text{sv.uz.}$]		
$y=0,717 x + 15$	0,85	30+5	24+4	melanž
$y=0,761 x + 14$	0,88	50+4	47+2	balance
$y=0,813 x + 9$	0,81	42+2	39+5	žumance
$y=0,684 x + 34$	0,85	83-109	82-106	crno meso broj- lera
$y=0,991 x + 4$	0,99	102-129	99-125	belo meso broj- lera
$y=0,848 x + 20$	0,97	102-129	99-125	ukupno meso brojlera

$y=0,821 x + 22$	0,99	90-107	83-103	crno meso nosilja
$y=1,08 x - 1$	0,88	93-105	89-99	belo meso nosilja
$y=0,872 x + 18$	0,96	93-105	89-99	ukupno meso nosilja

Navedene jednačine omogućavaju izračunavanje aktivnosti ^{40}K ili nivoa UbA , a na osnovu merenja samo jedne od navedenih veličina. Iz vrednosti UbA i aktivnosti ^{40}K može da se izračuna ostala beta aktivnost (ObA) kao razlika UbA i aktivnosti ^{40}K :

$$\text{ObA} = \text{UbA} - ^{40}\text{K} \quad \dots\dots\dots /3/$$

Nivo ObA predstavlja jedan od kriterijuma pri radijaciono-higijenskoj proceni namirnica. Pored toga, ovaj parametar je i pokazatelj za dalji postupak pri radijaciono-higijenskoj ekspertizi namirnica, a u smislu da li je potrebna pojedinačna identifikacija prirodnih i proizvedenih radionuklida u ispitivanoj namirnici. Naravno, neophodno je da se utvrde oni nivoi ObA , kada identifikacija radionuklida u ObA nije potrebna. Ovo zahteva veliki broj analitičkih podataka i o nivoima ObA , a i o nivoima aktivnosti pojedinih radionuklida, prvenstveno ^{137}Cs i ^{90}Sr u ispitivanim namirnicama. Na osnovu dosadašnjih istraživanja nivo ObA ispitivanog živinskog mesa i jaja bio je u opsegu od 3 do 7 $\text{Bq kg}^{-1}\text{sv.uz.}$, a doprinos aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u ObA u opsegu 3 do 6%, odnosno nivo aktivnosti ovih radionuklida bio je na granici osetljivosti metoda određivanja. Prema tome, u ovakvim slučajevima identifikacija radionuklida u ObA nije potrebna. Ovo ima velikog značaja u oblasti radijacione higijene stočne proizvodnje, jer se brzo dolazi do konačnih rezultata.

Takodje, izložene jednačine omogućavaju izračunavanje ObA bez merenja UbA i $A^{40}\text{K}$, jer je dovoljno da se odredi samo koncentracija kalijuma nekom od standardnih metoda, a da se nivo aktivnosti ^{40}K izračuna preko specifične aktivnosti ukupnog kalijuma. Ovo je od značaja za rutinski rad jer omogućava donošenje procena o radijaciono-higijenskoj ispravnosti namirnica i u onim laboratorijama koje nemaju odgovarajuću nuklearnu instrumentaciju.

Prema izloženom, pomenute veličine (UbA , $A^{40}\text{K}$ i ObA) mogu se odrediti sa greškom od $\pm 10\%$.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu izloženog može se doneti sledeći zaključak:

1. Izmedju nivoa UbA i $A^{40}\text{K}$ za živinsko meso i jaja postoji linear-

- na zavisnost sa visokim koeficijentom korelacije.
2. Linearne jednačine koje opisuju zavisnost U_{bA} i $A^{40}K$ omogućavaju brzu procenu o radijaciono-higijenskoj ispravnosti živinskog mesa i jaja, a na osnovu merenja samo jednog parametra.
 3. Nivo ObA je značajan parametar za dalju radijaciono-higijensku ekspertizu živinskog mesa i jaja.
 4. Odredjivanjem koncentracije K i uz korišćenje prikazanih jednačina, moguće je, takodje, doneti brzu procenu o radijaciono-higijenskoj ispravnosti živinskog mesa i jaja.

L I T E R A T U R A

1. Eisenbud M. (1973) Environmental Radioactivity, Academic Press, New York.
2. Djurić G. (1979) Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd.
3. Djurić G., Petrović B., (1976) Praktikum za radijacionu higijenu proizvodnje, Naučna knjiga, Beograd.
4. Ćirković M. (1979) Magistarski rad, Veterinarski fakultet, Beograd.
5. Wang C.H., Willis D.L., Loveland W.D. (1975) Radiotracer Methodology in Biological, Environmental and Physical Sciences, Prentice Hall inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

A B S T R A C T

On the basis of the great number of measurements of the total beta activity level and activity of ^{40}K in poultry meat and eggs, it was established that a linear relationship exists between these two parameters, with the correlation coefficient close to unity. This relationship is represented by a linear equation of the form $y = ax + b$ that enables the calculation of ^{40}K activity or total beta activity on the basis of measurement of one of these parameters for the examined samples.

From the total beta activity and ^{40}K activity the remaining beta activity can be calculated. The level of remaining beta activity is an indicator for the further radiation-hygienic expertise of the nutrients.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

D.Patić, R.Smiljanić i Z.Gršić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

IOOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zaštita", p.fah 522., 11001 Beograd

UTICAJ VREMENSKIH PROMENA METEOROLOŠKIH PARAMETARA NA
TRAJANJE UZORKOVANJA U KONTROLI AEROZAGADJENJA

Nivo zagadjenja prizemnog sloja vazduha u velikoj meri zavisi od meteoroloških uslova na datoj lokaciji pa period uzorkovanja vazduha mora biti tako prilagodjen da omogućava što manji gubitak potrebnih informacija o promenama nivoa zagadjenosti vazduha u toku vremena, odnosno da omogući ocenu nivoa zagadjenosti u odnosu na postavljene norme i preduzimanje mera za smanjenje zagadjenosti vazduha.

Kako je u praksi redovne kontrole zagadjenosti vazduha 24-časovni period uzorkovanja najčešće korišćen, cilj ovoga rada je da ispita reprezentativnost ovog načina usrednjavanja u odnosu na kraće periode usrednjavanja, odnosno da ispita koji je značajni deo informacija izgubljen dnevnim uzorkovanjem vazduha. Istovremeno, ovakve analize mogu da ukažu koja vremenska usrednjavanja ne utiču bitno na nivo koncentracija koji su značajni za procenu ugroženosti stanovništva.

PODACI KORISĆENI ZA ANALIZU

Za analizu su korišćeni podaci o koncentracijama prirodno radioaktivnih aerosola i vertikalni gradijent temperature.

Kao polazni vremenski nizovi korišćene su vrednosti ovih parametara usrednjene za period od 6 časova. Dužina realizacije iznosila je T=1 godina. Sa karakteristikama ovih nizova upoređene su statističke karakteristike nizova dobijenih usrednjavanjem za period usrednjavanja od 12 odnosno 24 časa. Dvanaestočasovno usrednjavanje vršeno je na dva načina. U jednom slučaju usrednjavane su vrednosti od 01 do 12 časova i 13 do 24 časa.

U drugom slučaju usrednjavanje je vršeno za dvanaestočasovni dnevni odnosno noćni period (od 07 do 18 odnosno od 19 do 06 časova).

METODI KORISĆENI ZA ANALIZU

Vremenski redovi analizirani su preko karakterističnih statističkih funkcija koje predstavljaju procese u vremenskoj i frekventnoj skali. Analizirane su autokorelacione funkcije, funkcije autospektra.^(1,2)

AUTO-SPEKTRI

Analiza auto-spektara omogućava analizu disperzije procesa. Preko njih se može odrediti učešće pojedinih periodičnih komponenti u ukupnoj disperziji. Na Sl.1, Sl.2, Sl.3 i Sl.4 prikazane su funkcije auto-spektara vremenskih nizova gradijenta temperature i koncentracija aktivnosti.

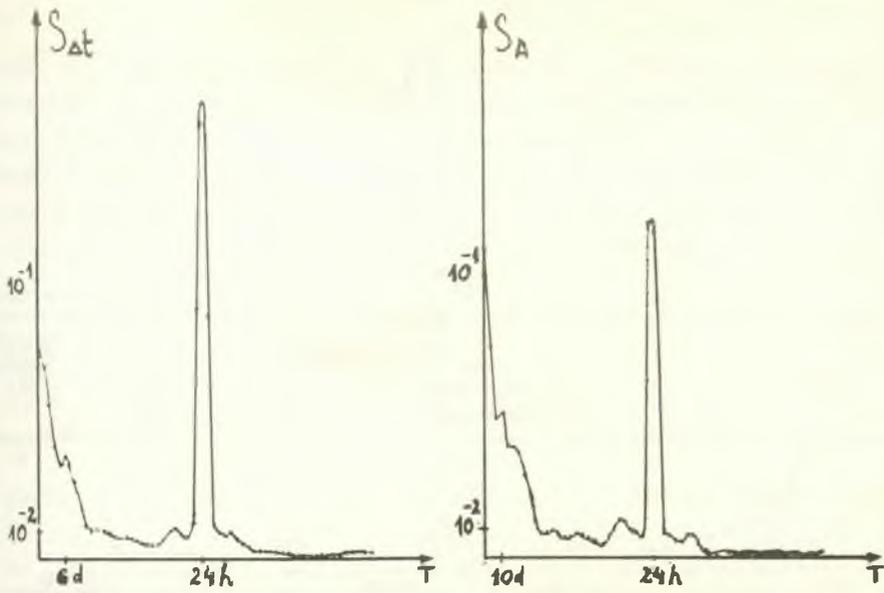
Kod šestočasovnog usrednjavanja uočavaju se jasno izražene 24-časovne komponente u oba vremenska niza. U vremenskom nizu gradijenta temperature 24-časovna komponenta doprinosi sa 31,38% ukupnoj disperziji niza. Na ovu komponentu kod koncentracija aktivnosti otpada 23,24% ukupne disperzije.

Za slučaj 12-časovnog usrednjavanja u intervalima "dan-noć" 24-časovna komponenta je izražena na kraju spektra kao Nyquist-ova frekvencija (najveća učestanost koja se za dati interval usrednjavanja može uočiti). Na ovu komponentu u vremenskom nizu gradijenta temperature otpada 33,10% ukupne disperzije a u vremenskom nizu koncentracija aktivnosti 27,51%.

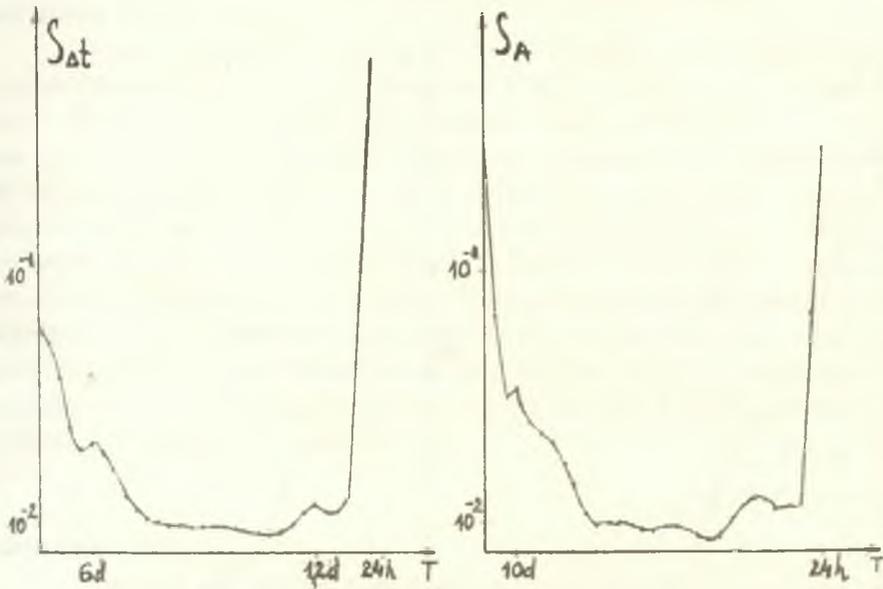
Za slučaj 12-časovnog usrednjavanja u intervalima od 01 do 12 i od 13 do 24 časa 24-časovna komponenta je praktično odsutna, jer ona u vremenskom nizu gradijenta temperature doprinosi ukupnoj disperziji samo sa 1,65%, a u vremenskom nizu koncentracija aktivnosti njen doprinos je 4,77%.

Dvadesetčetvoročasovnim usrednjavanjem 24-časovna komponenta se potpuno gubi.

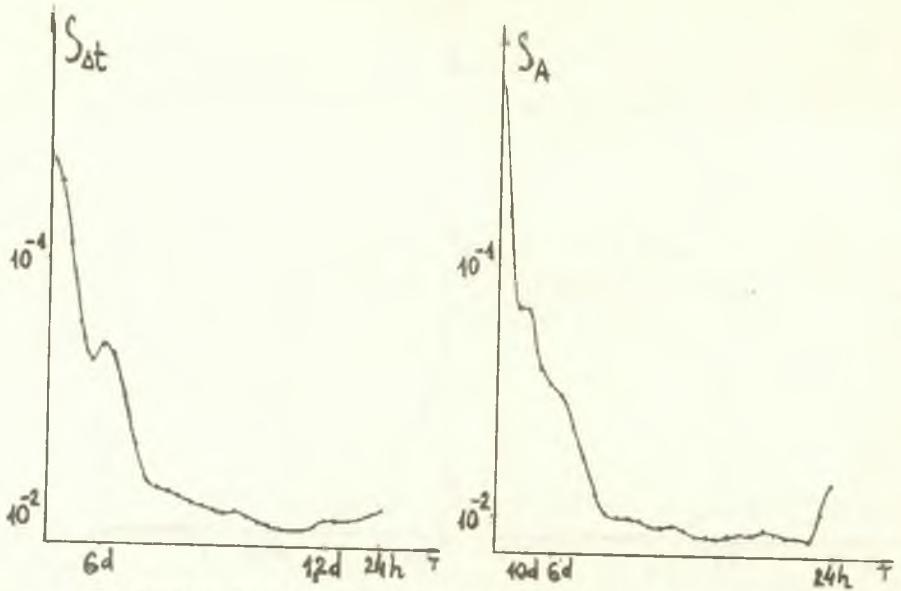
Svi prikazani auto-spektri su normirane funkcije tako da daju samo relativno učešće pojedinih periodičnih komponenti u ukupnoj disperziji niza. Za ocenu realnih varijacija članova niza u odnosu na srednju godišnju vrednost, potrebno je oceniti ukupne disperzije i njihov međusobni odnos. Tabelarni pregled vrednosti ukupnih disperzija



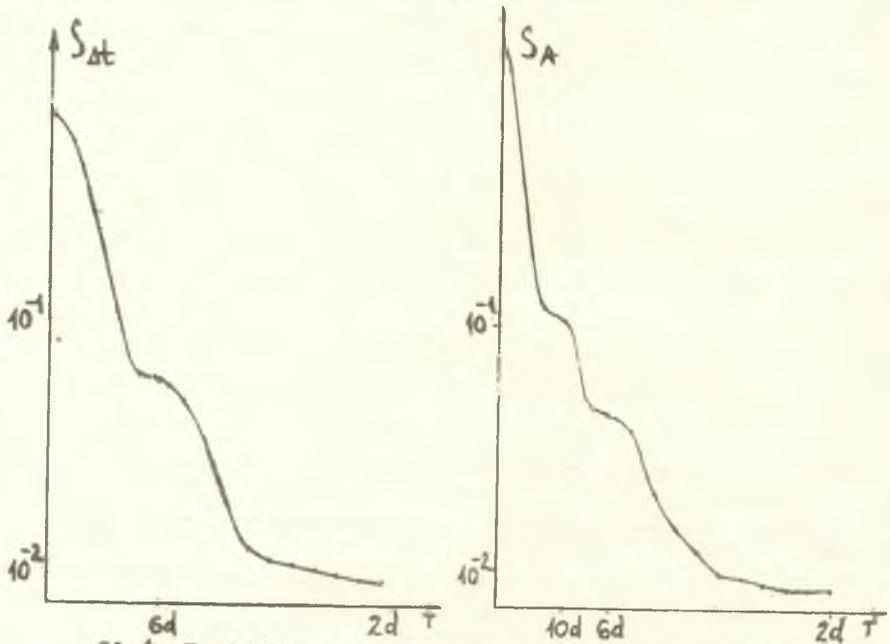
Sl. 1. Funkcije autospektara vertikalnog gradijenta temperature i koncentracije aktivnosti za šestočasovni interval usrednjavanja.



Sl. 2. Funkcije autospektara vertikalnog gradijenta temperature i koncentracije aktivnosti za dvanaestčasovni interval usrednjavanja (dan-noć).



Sl.3. Funkcije autospektara vertikalnog gradijenta temperature i koncentracije aktivnosti za dvanaestčasovni interval usrednjavanja (01-12 časa i 13-24 časa).



Sl.4. Funkcije autospektara vertikalnog gradijenta temperature i koncentracije aktivnosti za dvadesetčetvoročasovni interval usrednjavanja.

svih analiziranih nizova dat je u Tablici 1. Smanjenje disperzije sa povećanjem vremena usrednjavanja nesumnjivo govori o gubitku informacija o ekstremnim vrednostima u nizu. Ovo je značajan podatak sa stanovišta izlaganja stanovništva visokim koncentracijama zagadjivača u kraćim vremenskim intervalima, jer ustvari znači gubitak informacija o maksimalnim vrednostima koncentracija u toku dana.

Tablica 1.

Vreme usred. (h)	Disperzija ⁺		P r i m e ě b a
	Vert.grad. temperature	Koncentracija aktivnosti	
6	6,15	569	
12	5,62	512	"dan"- "noć"
12	3,24	365	(01-12)h
24	2,52	285	(13-24)h

⁺izraženo u relativnim jedinicama

AUTOKORELACIONE FUNKCIJE

Autokorelacione funkcije daju u suštini iste informacije kao i auto-spektri ali je nekađa izvesne karakteristike sa njih moguće lakše uočiti. Dobijene autokorelacione funkcije za 6-časovno usrednjavanje imaju izrazit periodični karakter. Veoma slične funkcije dobijene su i za 12-časovno usrednjavanje "dan-noć". Za slučaj 12-časovnog usrednjavanja od 01 do 12 i 13 do 24 časa autokorelacione funkcije značajno se razlikuju od predhodnih što ukazuje na bitne razlike u vremenskoj strukturi ovih nizova. Kod autokorelacione funkcije vertikalnog gradijenta temperature 24-časovna periodična komponenta nije ispoljena dok je za koncentracije aktivnosti ova komponenta samo nagoveštena. 24-časovnim usrednjavanjem dobijene su autokorelacione funkcije sa još manje fluktuacija.

ZAKLJUČAK

Analiza promena vremenske strukture nizova koncentracija aktivnosti čiji su članovi usrednjeni u različitim vremenskim intervalima, odnosno uzorkovani u različitom trajanju, omogućava da se zaključni koji od intervala usrednjavanja istovremeno zadovoljava dva osnovna uslova: sa jedne strane da se u vremenskom nizu ne izgube značajne informacije o nivou zagadjenosti vazduha, a sa druge strane da uzorko-

vanje vazduha bude što je moguće racionalnije.

Na osnovu naših ispitivanja, dvanaestočasovno usrednjavanje u intervalima "dan"- "noć" dovoljno dobro reprezentuje dnevne promene koncentracija aktivnosti i ne dovodi do značajnih gubitaka informacija o visokim koncentracijama. Naime, u odnosu na šestočasovni interval usrednjavanja u ovom intervalu se samo za oko 5% smanjuje interval variranja koncentracija. Sa druge strane za drugi način dvanaestočasovnog usrednjavanja i za dvadesetčetvoročasovno usrednjavanje ovi intervali se smanjuju za 20 i 30% respektivno.

Iz izloženog nesumnjivo sledi da bi dvadesetčetvoročasovnu diskontinualnu kontrolu vazduha bilo potrebno zameniti kontrolom u intervalima dan-noć koja je znatno efikasnija sa stanovišta kontrole zagađenja vazduha.

REZIME

U rutinskoj kontroli kontaminacije vazduha često se koristi 24-časovno uzorkovanje. Obzirom na dinamičke osobine meteoroloških parametara pri ovakvom uzorkovanju dolazi do gubitka informacija o ekstremnim vrednostima koncentracije. U ovom radu je metodama statističke analize ispitivan gubitak informacija pri 24ⁿ časovnom i 12 časovnom usrednjavanju u odnosu na 6ⁿ usrednjavanje i dati su rezultati analize.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF TIME VARIATIONS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS ON SAMPLING TIME IN AIR POLLUTION CONTROL

In routine air pollution control very often 24-hours sampling are used. Having in mind the dynamic characteristics of meteorological parameters, in such samplings very often are loosed the informations on the extreme values of concentrations. Using the methods of statistical analysis, in this paper are compared the results of 24 hours samplings and 12 hours samplings to 6 hours samplings, and the results of these analysis are given.

LITERATURA

1. Patić D., Smiljanić R., Stojanović D. Izveštaj za 1981. godinu po istom zadatku u okviru projekta 7.15 "Zaštita vazduha"
2. G.M.Jenkins, D.G.Watts, Spectral Analysis and its Applications, Holden-day (1969)
3. H.A.Panofsky, G.W.Brier "Some Applications of Statistics to Meteorology", prevod na ruski Gidromet.izd. Lenjingrad, 1967.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZASTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

R. Smiljanić, D. Patić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
"Zaštita", p.fah 522., 11001 BeogradPRIMENA STATISTIČNIH METODA ZA OCENU ZNAČAJNOSTI UTICAJA
PADAVINA NA SADRŽAJ RADIOAKTIVNIH MATERIJA U VAZDUHU

REZIME Za ocenu značajnosti razlike između koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu za dane sa padavinama i dane bez padavina korišćen je Student-ov kriterijum. Rezultati ispitivanja pokazali su da svojim ukupnim delovanjem padavine doprinose smanjenju koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu, što se naročito ispoljilo kod prirodne aktivnosti vazduha.

UVOD

Poznato je da je efekat uticaja padavina na sadržaj radioaktivnih materija u vazduhu rezultat dva, u osnovi, suprotna procesa^(1,2). Mogućnost da padavine doprinose smanjenju koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu, ali isto tako, pod određenim uslovima i njihovom povećanju, čini ispitivanje njihovog mehanizma delovanja komplikovanim, posebno ako se zasniva na merenjima samo u prizemnom sloju. Međutim, ukupni efekat padavina moguće je oceniti sa određenom pouzdanošću i na osnovu merenja samo prizemnih koncentracija.

Predmet ovog rada je ispitivanje mogućnosti primene statističkih metoda za ocenu ukupnog efekta delovanja padavina na koncentracije radioaktivnih materija u prizemnom sloju.

EKSPERIMENTALNI PODACI I METODOLOŠKI PRISTUP

Osnovna ideja rada zasniva se na ispitivanju mogućnosti da se primenom poznatih metoda matematičke statistike oceni značajnost razlika između koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu u dane sa

padavinama i dane bez padavina.

Kako, međjutim, padavine nisu jedine odgovorne za promene koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu, potrebno je svesti efekte drugih mogućih uticaja na minimum. To se pre svega odnosi na unutardnevne i medjudnevne varijacije u koncentracijama aktivnosti, koje su najvećim delom posledica atmosferskih procesa druge vrste. Pogodnim metodama statističkog usrednjavanja (statistički filtri) ovi uticaji su znatno smanjeni. (3) Polazni eksperimentalni podaci svedeni su tako na srednje mesečne vrednosti koncentracija za dane sa padavinama, odnosno za dane bez padavina. Uticaj padavina tada više dolazi do izražaja.

Ocena razlika između koncentracija aktivnosti za dane sa padavinama i dane bez padavina vršena je testiranjem nulte hipoteze da analizirani uzorci nisu uzeti iz istog generalnog skupa. Za ovu ocenu korišćen je Student-ov t-kriterijum. (4)

Prema Studentovom kriterijumu smatra se da dva uzorka nisu uzeta iz istog generalnog skupa normalno distribuirane veličine ako je razlika između njihovih ocenjenih srednjih vrednosti \bar{C}_1 i \bar{C}_2 takva da zadovoljava uslov da je

$$t(k) = \frac{|\bar{C}_1 - \bar{C}_2|}{\sigma_{C_1 - C_2}} > t_\gamma(k) \quad (1)$$

gde je: $\sigma_{C_1 - C_2}^2$ - standardno odstupanje razlike srednjih vrednosti;
 $t_\gamma(k)$ - slučajna veličina koja se sa verovatnoćom γ pokorava Studentovoj raspodeli;
 k - broj stepena slobode: $k = N_1 + N_2 - 2$
 N_1, N_2 - obim odgovarajućeg skupa.

Za skupove približno istog obima važi relacija $\sigma_{C_1 - C_2}^2 = \sqrt{\sigma_1^2/N_1 + \sigma_2^2/N_2}$ gde su σ_1^2 i σ_2^2 odgovarajuće disperzije.

U našem slučaju \bar{C}_1 odgovara srednjoj vrednosti koncentracija radioaktivnih materija u vazduhu za dane bez padavina, a \bar{C}_2 - srednjoj vrednosti koncentracija za dane sa padavinama.

Kako se koncentracije radioaktivnih materija u vazduhu pokoravaju zakonu logaritamski normalne raspodele, parametri C i σ su određeni preko logaritama koncentracija, odnosno definisani preko parametara normalne raspodele kao:

$$u = \overline{\ln C} = \ln \bar{C}_g$$

$$\sigma^2 = \overline{(\ln C_i - \ln \bar{C})^2} = \ln^2 \sigma_g$$

gde su \bar{C}_g i σ_g parametri log-normalne raspodele. Na grafiku verovatnoće sa logaritamskom podelom \bar{C}_g očitava se neposredno kao koncentracija koja odgovara 50% verovatnoći, a σ_g - kao količnik koncentracija sa 84% i 50% verovatnoćom ($\bar{C}_g = C_{50\%}$, $\sigma_g = C_{84\%}/C_{50\%}$).⁽⁵⁾

ANALIZA REZULTATA

Analizirani podaci obuhvataju sedmogodišnje skupove merenja.

Analiza vrednosti koncentracija za dane bez padavina i dane sa padavinama pokazala je da se svi analizirani uzorci pokoravaju logaritamski normalnom zakonu raspodele (Sl.1 i 2). Kao što se vidi, vrednosti koncentracija za dane bez padavina, i vrednosti koncentracija za dane sa padavinama, u oba skupa, grupišu se oko različitih kumulativnih raspodela.

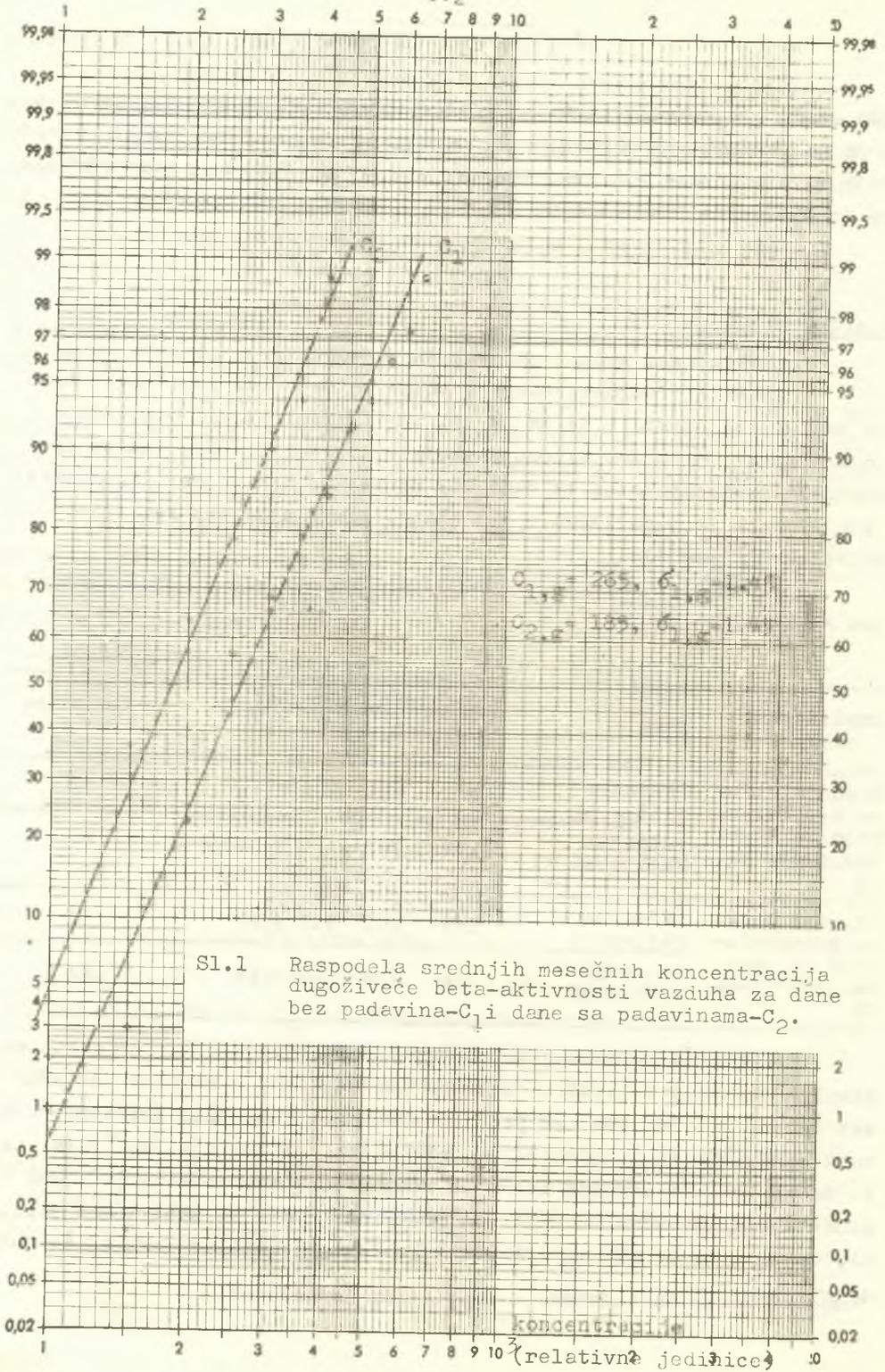
U Tabeli 1 date su vrednosti parametara μ i σ^2 za uzorke iz oba analizirana skupa.

TAB.br.1.

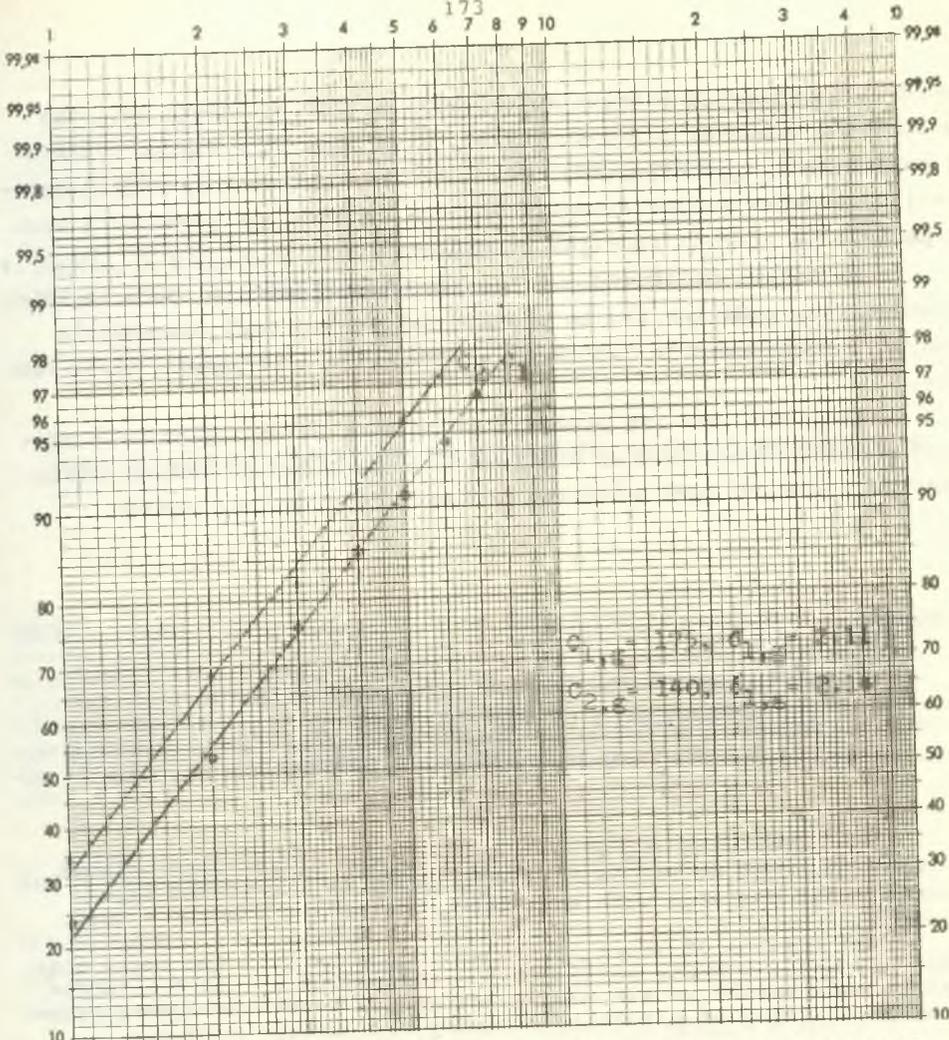
Analizirani uzorak	Skup	Ocenjeni parametar				Obim skupa
		$C_{50\%}$	$C_{84\%}$	μ	σ^2	
Srednje dnevne koncentracije za dane bez padavina C_1	Prirodna aktivnost	265	395	5.6	0.16	78
	Veštačka aktivnost	175	380	5.2	0.56	91
Srednje dnevne koncentracije za dane sa padavinama C_2	Prirodna aktivnost	185	265	5.2	0.13	78
	Veštačka aktivnost	140	300	4.9	0.58	92

Prema našim merenjima vrednost parametra $t(k)$ za skup koncentracija prirodne aktivnosti vazduha iznosi 5.90, a za skup veštačke aktivnosti - 2.24. Kako je prema Studentovoj raspodeli kritična vrednost parametra $t_{0.999}(154)=3.35$, proizilazi da postoji samo 0.1% rizika da je razlika između srednjih vrednosti koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola za dane bez padavina i dane sa padavinama slučajna, odnosno da su ovi uzorci uzeti iz istog generalnog skupa. Za veš-

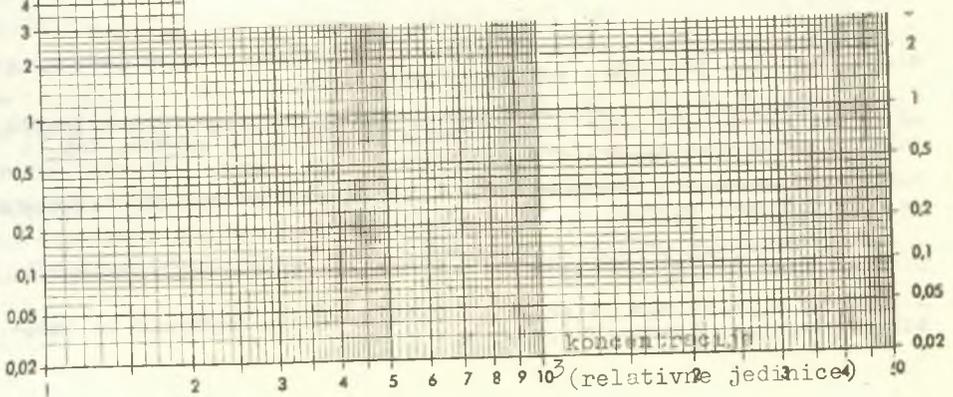
*koncentracije su izražene u relativnim jedinicama.



Sl.1 Raspodela srednjih mesečnih koncentracija dugoživeće beta-aktivnosti vazduha za dane bez padavina-C₁ i dane sa padavinama-C₂.



Sl.2 Raspodela srednjih mesečnih koncentracija prirodno radioaktivnih aerosola za dane bez padavina- C_1 i dane sa padavinama- C_2 .



tačku radioaktivnost vazduha ovaj rizik je veći, i iznosi 5%. Kako je dobijena vrednost parametra $t(181)=2.24$ veća od kritične vrednosti parametra $t_{0,95}(181)=1.97$, može se prihvatiti da i između koncentracija veštačke radioaktivnosti vazduha za dane bez padavina i dane sa padavinama postoji značajna statistička razlika.

Na osnovu izloženog može se izvući zaključak da su u ispitivanom periodu padavine svojim ukupnim delovanjem ipak doprinosile smanjenju koncentracija radioaktivnih materija u prizemnom sloju vazduha.

Rezultati analize pokazuju takodje da se za ispitivanje složenog uticaja meteoroloških činilaca na koncentracije radioaktivnih materija u vazduhu mogu efikasno primeniti statističke metode.

ABSTRACT

THE USE OF STATISTICAL METHODS FOR ESTIMATING THE SIGNIFICANCY OF THE INFLUENCE OF RAINS ON THE CONTENT OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE GROUND LAYER ATMOSPHERE

For estimating the significancy of the differences between the concentrations of radioactive substances in the ground layer atmosphere for the days with and without rains the Student's test was used.

The results of these investigations show that the rains contribute by their complex action to the diminution of the concentrations of radioactive substances in the ground layer atmosphere especially in the case of naturally occurring radioactive aerosols.

LITERATURA

1. R.Smiljanić, D.Patić - Uticaj padavina na radioaktivnost prizemnog sloja vazduha, IBK-1507, Beograd-Vinča, 1979.
2. R.Smiljanić, D.Patić - Odredjivanje faktora spiranja radioaktivnih materija iz vazduha analizom trajanja padavina, XI Jugosl. simpoz. o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.
3. N.K.Vinnichenko, N.Z.Pinus et al. - Turbulence in the free atmosphere, Consultants Bureau, New York, London, 1973.
4. G.A.Panovskii, G.V.Braier - Statisticheskie metody v meteorologii, Gid.met.izd., Leningrad, 1967.
5. Silverman L., Billings Ch. et al. - Particle Size Analysis in Industrial Hygiene, Academic Press, N.Y., 1971.

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 juni 1983.

V. Kubelka, K. Kvastek, S. Lulić, I. Ružić

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković" Zagreb

NANOSI MEANDRA KAO JEDAN OD MOGUĆIH PUTEVA BRŽEG ZAGADJENJA PODZEMNIH VODA

REZIME. Izvršeno je trasiranje podzemne vode sa radioaktivnim indikatorom J-131 uz dodatak nosača i aktivnost je praćena pomoću scintilacione sonde kako bi se odredio način i brzina kretanja zagadjivača u naslagama meandra. Ustanovljene su različite brzine i koncentracije na raznim područjima i pojedinim razinama vodonosnog sloja. Stečena su nova znanja o mogućim putevima bržeg zagadjenja podzemnih voda i donesene su određene preporuke za pouzdanije provodjenje rutinskog praćenja utjecaja nuklearnih elektrana na kvalitetu podzemnih voda.

UVOD

Crpilišta vode za opskrbu grada Zagreba nalaze se u aluvijalu rijeke Save i iz nje se prihranjuju vodom. Na temelju strukturno-geološkog istraživanja tog područja može se zaključiti da su veći meandri uslovljeni i paralelni s registriranim rasjedima (vidi Sl. 1). Oni zauzimaju znatan dio zaobalja rijeke Save. Prostorna raspodjela ukršteno uslojenog pjeska sitne i srednje granulacije sa različitim količinama mulja i gline, grubog pjeska i šljunka, samog šljunka specifična je i složena u naslagama meandra. Radi toga postoje velike razlike u granulometrijskom i litološkom sastavu, odnosno propusnosti pojedinih slojeva i proslojaka u naslagama koje izgradjuju meandar. Može se pretpostaviti da će kretanje vode i zagadjivača kroz slojeve i proslojke veće propusnosti imati za posljedicu da će brzina kretanja zagadjivača biti mnogo veća od srednjih brzina kretanja podzemne vode. Da bi se odredile stvarne brzine i način kretanja zagadjivača izvršeno je trasiranje pomoću J-131 uz dodatak nosača u nanosima meandra na lijevoj obali rijeke Save u blizini mjesta Blato.

Ispitivanje načina kretanja i brzina transporta zagadivača u nanosima meandra izvršeno je trasiranjem podzemne vode sa J-131 uz dodatak nosača. Na području istraživanja izbušeno je osam bušotina zacjvljenih plastičnim cijevima koje su bile perforirane duž vodonosnog sloja. Raspored bušotina dat je na Slici 2. Zbog hidroloških uvjeta u bušotinu 2 injektiran je izotop jednolično izmješšan. Osmatranja su izvršena u bušotinama postavljenim u smjeru toka podzemne vode, pomoću sonde s kristalom NaJ (1"x1") priključenim na Portable skaler NAE Linberg A/s.

Na osnovi rezultata mjerenja u bušotinama za osmatranje konstruirane su krivulje ovisnosti aktivnosti o vremenu na raznim dubinama vodonosnog sloja. Analizom eksperimentalnih rezultata određene su brzine kretanja indikatora i odgovarajućeg disperziteta, kao i utjecaj sorpcije na pojedinim razinama vodonosnog sloja^(1,2).

REZULTATI I DISKUSIJA

Kod niskog vodostaja ubačeni radioaktivni indikator pojavio se je na osmatračkim bušotinama 4,6,7,8 i 9. Brzine izotopa bile su različite ne samo na pojedinim dijelovima istraživanog područja već i na raznim razinama vodonosnog sloja. Najveće brzine i aktivnosti ustanovljene su u bušotinama 4,6 i 8 na razini od oko 108 m apsolutne visine (oko 5 m ispod razine vodnog lica). Brzina transporta izotopa na toj razini iznosila je 60,5 m/dan između bušotine 2 i 4, zatim 76,7 m/dan između bušotina 4 i 6, te 41,9 m/dan između bušotina 6 i 8 ili prosječno 53,8 m/dan. Određeni su i disperziteti koji su iznosili 0,79 m za bušotinu 4, zatim 0,89 m za bušotinu 6, te 1,46 m za bušotinu 8. Brzina transporta izotopa i disperzitet određeni su modificiranom Chatwinovom metodom^(1,2). Razlika između brzine transporta i aktivnosti na raznim nivoima vodonosnog sloja najbolje je izražena na bušotini 8 koja je najudaljenija od mjesta ubacivanja izotopa (28,6 m, vidi na Slici 3). Aktivnost određena na apsolutnoj visini od 112,811 m (oko 0,5 m ispod razine vodnog lica) iznosila je 34% od maksimalne aktivnosti određene na toj bušotini, a brzina kretanja izotopa iznosila je 59% od maksimalne brzine, a disperzitet je bio oko tri puta veći. Na istoj razini uzimaju se uzorci za kontrolu utjecaja NE Krško na zagadjenje podzemne vode. Maksimalna aktivnost na ovoj bušotini određena je na apsolutnoj visini od 107,811 m (odnosno 5,67 m ispod razine vodnog lica). Već na razini koja je za 0,5 m niža, aktivnost pada na samo 24% od maksimalno detektirane aktivnosti. Ovi rezultati dovode u sumnju svrsishodnost kontrole radioaktivnog zagadjenja podzemne vode na osnovi analize uzoraka uzetih sa dubine koja se nalazi samo

0,5 m ispod razine vodnog lica što je bila dosadašnja praksa.

Potpuno je drugačija situacija u bušotinama 7 i 9 koje se nalaze u neposrednoj blizini bušotine 8. Duž čitavog vodonosnog sloja nema izrazitih razlika u aktivnosti i brzini kretanja izotopa. Prema tome u bušotinama 7 i 9 došlo je do raspršenja zagadjivača duž čitavog vodonosnog sloja vjerojatno zbog isklinjenja proslojka najveće propusnosti.

U slučaju raspršenja izotop može dospjeti do vodnog lica te biti prenešen kroz nesaturiranu zonu pod utjecajem kapilarnih sila, difuzijom ili akumulacijom preko raslinja u biosferu. Raslinje na ovakvim površinama trebalo bi biti uključeno u monitoring utjecaja nuklearnih elektrana na kvalitetu podzemnih voda.

Trasiranje je ponovljeno kod srednjih vodostaja. Tada se je izotop pojavio u bušotini 5. Kod ovog trasiranja bile su još jače naglašene razlike u brzini kretanja i aktivnosti na pojedinim razinama (vidi Sl. 4). Tako je aktivnost na razini s koje se standardno uzimaju uzorci za kontrolu kvalitete podzemnih voda iznosila samo 13% od maksimalno detektirane aktivnosti, a brzina kretanja izotopa bila je 7,5 m/dan. Maksimalna aktivnost određena je na apsolutnoj visini 108,574 m (odnosno 4,86 m ispod razine vodnog lica) uz brzinu kretanja izotopa od 12,1 m/dan. Disperziteti na tim razinama iznosili su oko 1,5 m. Na razinama maksimalnih aktivnosti i najvećih brzina kretanja izotopa opažen je najmanji utjecaj sorpcije. Utjecaj sorpcije povećava se sa udaljenosti od mjesta ubacivanja izotopa.

Smjer toka podzemne vode je kod srednjih vodostaja dijagonalan na tok rijeke Save. U slučaju ispitivanog meandra prihranjivanje trasiranog područja vrši se direktno iz rijeke Save. Obzirom da rijeka Sava ima kod Zagreba karakteristike brdske rijeke nagle promjene u vodostaju odražavaju se i na promjene toka podzemne vode. Promjena od dijagonalnog do paralelnog toka podzemne vode u odnosu na rijeku Savu može se desiti u relativno kratkom vremenu (oko 2 dana). Paralelan smjer podzemnog toka uvjetuje promjenu područja prihranjivanja ispitivanog dijela terena. Radi toga će se koncentracije nuklearnih efluenata u podzemnoj vodi trasiranog područja mjenjati nakon kratkog vremenskog intervala. Ovo treba uzeti u obzir kod odabiranja vremena uzimanja uzoraka za kontrolu kvalitete podzemnih voda.

ZAKLJUČAK

Na osnovi trasiranja podzemne vode sa J-131 uz dodatak nosača i direktnim mjerenjem aktivnosti u bušotinama za osmatranje dobivena su nova saznanja o brzinama i načinu kretanja nuklearnih efluenata u podzemnoj vodi u nanosima meandra. Dobiveni rezultati pokazuju da meandri mogu predstavljati jedan od puteva vrlo

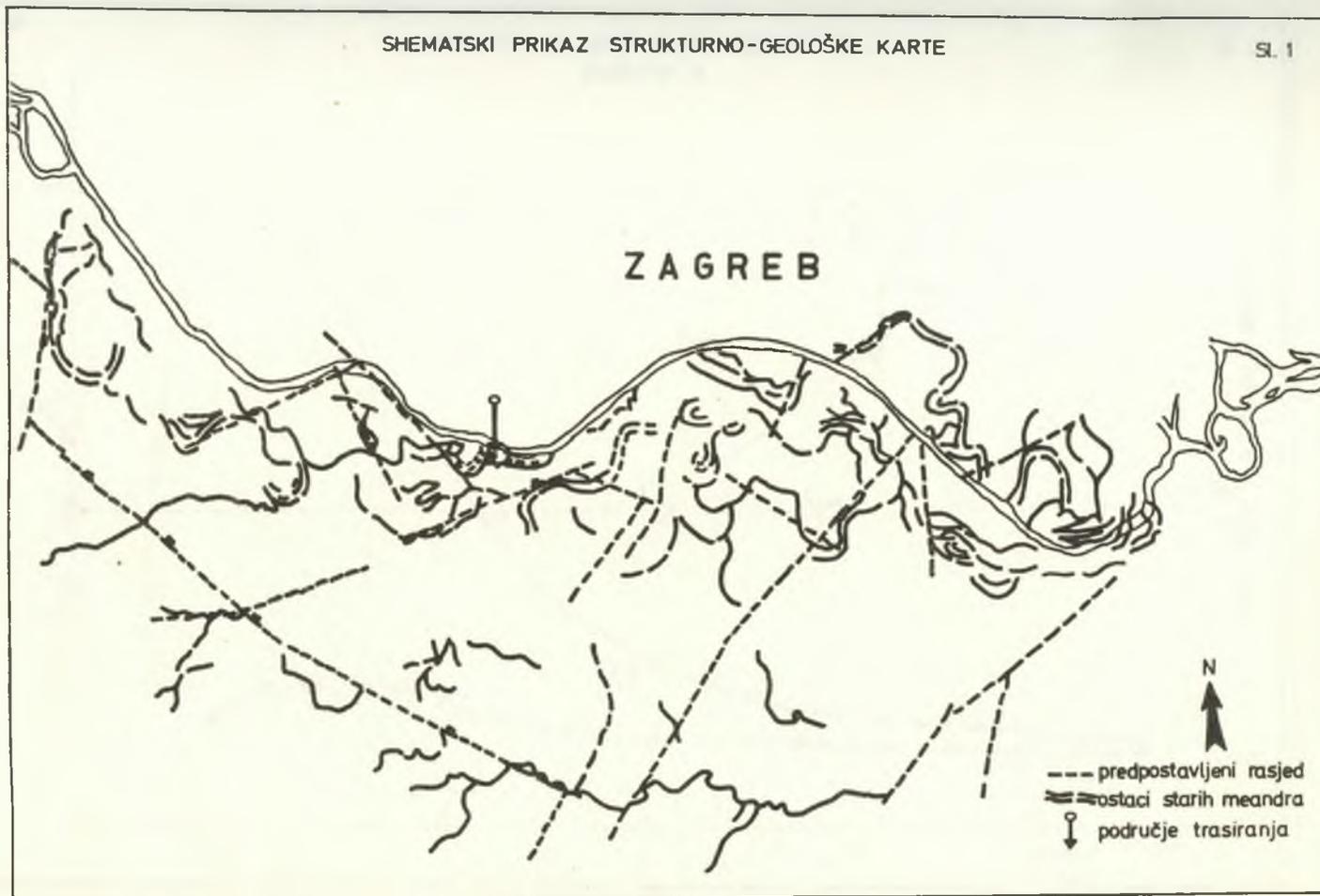
brzog zagadjenja podzemne vode. Dobivene brzine kretanja izotopa veće su za red veličine od poznatih srednjih brzina podzemne vode na ovom području. Zagadjenju istraživanog područja može doprinijeti i znatan broj meandara koji se nalaze uzvodno od istraživanog područja. Dobiveni podaci su u skladu s našim ranijim istraživanjima⁽³⁾, kao i novijim podacima u literaturi^(4,5). Na osnovi toga može se zaključiti da je potreban potpuno nov pristup koji bi uzeo u obzir određivanje prostornog rasporeda brzina i disperziteta zagadjivača kako bi se postiglo pouzdano predviđanje kretanja nuklearnih efluenata u aluvijalnim nanosima. Zone preslojaka najveće propusnosti kroz koje se odvija najbrže kretanje zagadjivača nije moguće identificirati standardnim metodama, bušenjem i jezgrovanjem, ili geofizičkim metodama. Isto tako ovi podaci ne mogu se dobiti niti trasiranjem podzemne vode ako se iz osmatračkih bušotina uzimaju uzorci vode. Prema tome točna identifikacija najvećih brzina kretanja glavnine zagadjivača moguća je jedino trasiranjem podzemne vode sa radioaktivnim izotopima uz dodatak malih količina nosača u osmatračkim bušotinama direktno pomoću scintilacione sonde.

SUMMARY

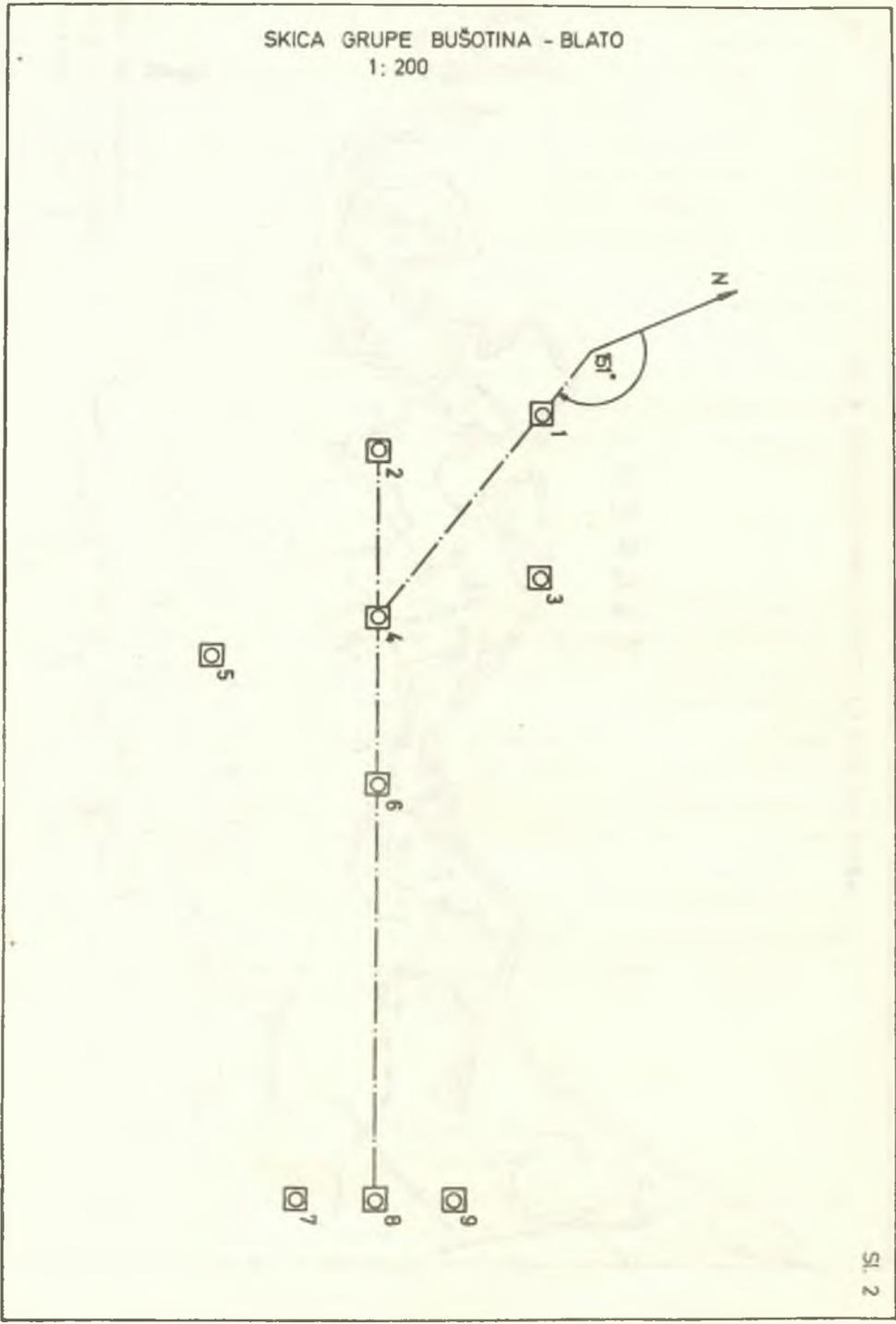
Pulse-tracing experiments with J-131 with addition of stable carrier has been performed in ground water area characterized by river meandering. Observed rates of isotope transport have been different in different parts of investigated ground water area as well as different layers of the aquifer. Maximum rates of isotope transport were one order of magnitude higher than the mean velocity of ground water in the region. In the layers of maximum rates of isotope transport also maximum activity is detected. Smaller influence of sorption is observed in layers of higher permeabilities. Relatively fast change of the direction of ground water flow is observed depending on the water height in the river. Dispersivities are determined from the tracing experiments. The possibility to improve the reliability of routine field observations are discussed with respect to the monitoring of the influence of nuclear power plants on the quality of ground water.

LITERATURA

1. P.C. Chatwin, J. Fluid Mech. 48, part 4 (1971) 689.
2. I. Ružić, poslano u Env. Sci. Tech. 1983.
3. V. Kubelka, K. Kvastek, S. Lulić, Zbornik radova IX. Simp. Jug. društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 31.5.-3.6.1977, str. 287.
4. R.A. Freeze, J.A. Cherry, Groundwater, Prentice-Hall Inc. 1979, p. 397.
5. M.P. Anderson, CRC Crit.Rev.Enviro.n.Control, vol.9,1980, p.97.

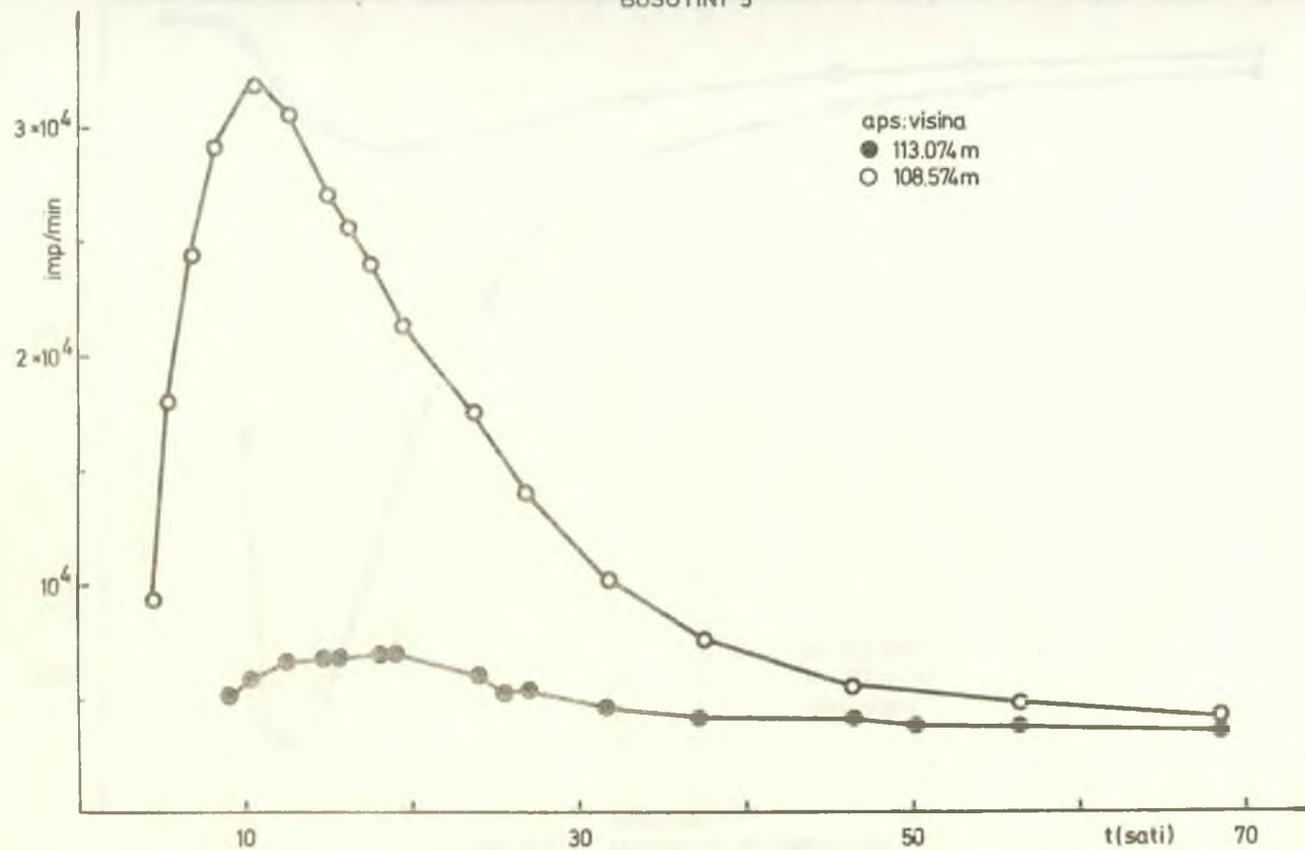


SKICA GRUPE BUŠOTINA - BLATO
1: 200



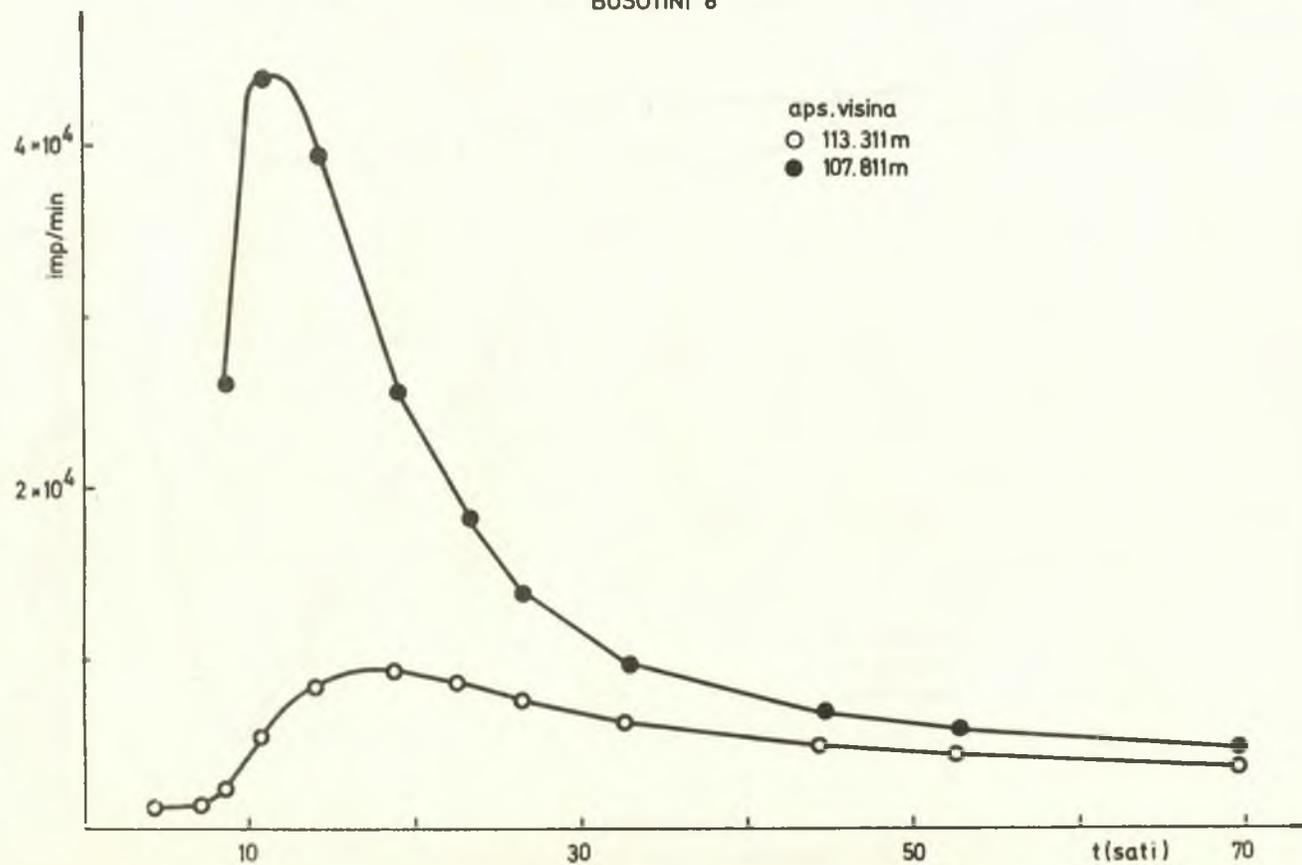
OVISNOST AKTIVNOSTI O VREMENU NA
BUŠOTINI 5

Sl. 3



OVISNOST AKTIVNOSTI O VREMENU NA
BUŠOTINI 8

Sl. 4



III с е к ц и ј а : РАДИОТОКСИНОЛОГИЈА И БИОДОЗИМЕТРИЈА

Maja Osmak i Danilo Petrović

Institut "Rudjer Bošković"

Zagreb, Bijenička cesta 54

POPRAVAK OŠTEĆENJA U ANIMALNIM STANICAMA
NAKON NEUTRONSKOG I GAMA ZRAČENJA

Sposobnost L929 stanica u kulturi da poprave subletalna i potencijalno letalna oštećenja ispitana je nakon zračenja brzim neutronima i gama zrakama. Rezultati pokazuju, da je sposobnost stanica da poprave nastala radiološka oštećenja znatno reducirana nakon zračenja brzim neutronima. Subletalna oštećenja popravljaju se samo nakon većih doza brzih neutrona, ali u znatno manjem opsegu nego li nakon gama zračenja. Popravak subletalnih oštećenja opažen je nakon kombiniranog neutronskog i gama zračenja. Popravak potencijalno letalnih oštećenja nije opažen nakon ispitanih doza brzih neutrona.

UVOD

Mnogi istraživači ispitivali su sposobnost stanica sisavaca da poprave oštećenja nastala gama ili x zračenjem. Elkind i Suttonova su pokazali, da stanice sisavaca mogu popraviti barem dio oštećenja nastalih x zračenjem (1). Popravak ovih oštećenja odredjivan je frakcioniranim dozama, te nazvan popravkom subletalnih oštećenja (SLO). Drugi tip oštećenja stanica u kulturi opisali su Phillips i Tolmach (2). Suboptimalni postradiacioni uvjeti rasta koji "pomažu" popravak nastale lezije prije nego li se oštećenje biokemijski fiksira, omogućuju popravak dijela radijacijskih oštećenja, nazvanih potencijalno letalna oštećenja (PLO). Napravljeni su brojni eksperimenti uz različite uvjete zračenja, te uz dodatak različitih supstanci, kako bi se objasnio mehanizam popravka subletalnih i potencijalno letalnih oštećenja nakon x ili gama zračenja (3-7).

Znatno manje podataka objavljeno je o popravku SLO i PLO nakon neutronskog zračenja (8-10). U našim eksperimentima određivali smo sposobnost L929 stanica za popravak SLO i PLO nakon neutronskog zračenja. Rezultate smo usporedili sa onima, dobivenim uz jednake eksperimentalne uvjete nakon gama zračenja.

MATERIJALI I METODE

Popravak subletalnih i potencijalno letalnih oštećenja ispitan je zračenjem mišjih L929 stanica u kulturi brzim neutronima srednje energije 4 MeV ili gama zrakama srednje energije 1,25 MeV. Sposobnost stanica za popravak SLO i PLO određivana je za one doze zračenja koje smanjuju preživljenje stanica na približno 50, 10 i ispod 1%.

Popravak subletalnih oštećenja ispitan je metodom frakcioniranog zračenja. Ukupna doza zračenja podjeljena je u dvije jednake frakcije odvojene različitim vremenskim intervalima tokom kojih su stanice inkubirane na 37°C, čime je omogućen popravak SLO.

Popravak SLO nakon kombiniranog zračenja ispitan je sukcesivnom primjenom brzih neutrona i gama zraka u dozama koje, odvojene, daju jednako preživljenje stanica.

Popravak PLO ispitan je zračenjem stanica u stacionarnoj fazi rasta. Ukoliko se stanice ne rasadjuju odmah nakon zračenja, nego se još inkubiraju određeno vrijeme na 37°C, dolazi do popravka potencijalno letalnih oštećenja.

REZULTATI I DISKUSIJA

L929 stanice ozračene gama zrakama mogu popraviti subletalna oštećenja, što rezultira porastom preživljenja stanica (tabela 1). Porast preživljenja stanica izražava se faktorom popravka SLO. Faktor popravka SLO je omjer preživljenja stanica zračenih frakcioniranim dozama i preživljenja stanica zračenih cijelom dozom odjednom. Faktor popravka SLO ovisan je o dozi. S porastom ukupne doze gama zračenja sa 4 na 10 Gy, faktor popravka SLO porastao je sa 1,0 na 3,5.

Nakon zračenja brzim neutronima, sposobnost stanica da poprave SLO značajno je smanjena. Za niže doze zračenja, 0,8 i 2,6 Gy, frakcioniranje doza nema

utjecaja na preživljenje stanica. Jedino nakon ukupne doze od 5,2 Gy opažen je porast preživljenja stanica i to svega za faktor 1,7 (tabela 1).

Tabela 1. Popravak subletalnih oštećenja u animalnim stanicama nakon gama, neutronskog i kombiniranog zračenja

Doza zračenja	Preživljenje stanica uz cijelu dozu (%)	Preživljenje stanica uz frakcionirane doze (%)	Faktor popravka
2 Gy + 2 Gy	45,6	45,6	1,0
0,4 Gy n + 0,4 Gy n	45,3	45,3	1,0
2 Gy + 0,4 Gy n	47,0	47,0	1,0
0,4 Gy n + 2 Gy	48,5	48,5	1,0
3,3 Gy + 3,3 Gy	11,5	21,8	1,9
1,3 Gy n + 1,3 Gy n	12,4	12,4	1,0
3,3 Gy + 1,3 Gy n	16,7	25,1	1,5
1,3 Gy n + 3,3 Gy	13,8	20,7	1,5
5 Gy + 5 Gy	0,48	1,68	3,5
2,6 Gy n + 2,6 Gy n	0,14	0,24	1,7
5 Gy + 2,6 Gy n	0,18	0,73	4,1
2,6 Gy n + 5 Gy	0,20	0,84	4,2

Nakon kombiniranog neutronskog i gama zračenja, opažen je popravak SLO. Pri tome je porast preživljenja bio nešto niži od onog kad su stanice zračene samo gama zračenjem, ali ipak nešto viši od preživljenja nakon zračenja samo brzim neutronima. Redoslijed zračenja obzirom na vrstu nije imao utjecaja (tabela 1).

Zračenjem stanica gama zrakama u stacionarnog fazi rasta i naknadnom inkubacijom omogućuje se popravak potencijalno letalnih oštećenja (tabela 2). Porast preživljenja stanica uslijed popravka PLO izražava se faktorom popravka, to jest omjerom preživljenja stanica inkubiranih različito dugo vrijeme na 37°C i preživljenja stanica rasadjenih neposredno nakon zračenja. Faktor popravka PLO ovisio je o dozi: za ispitivani raspon doza od 1 do 10 Gy, rastao je s 1,0 na 1,6.

Nakon zračenja stanica u stacionarnoj fazi rasta brzim neutronima, za sve tri ispitane doze nije opažen popravak PLO. Opisane komparativne radiobiološke stadije na L929 stanicama su pokazale, da je sposobnost stanica da poprave oštećenja znatno reducirana nakon zračenja brzim neutronima. Nakon zračenja

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Ivana Vučenik, D. Grgičević, B. Vitale
Institut "Ruđer Bošković" Bijenička 54, 41000 Zagreb.

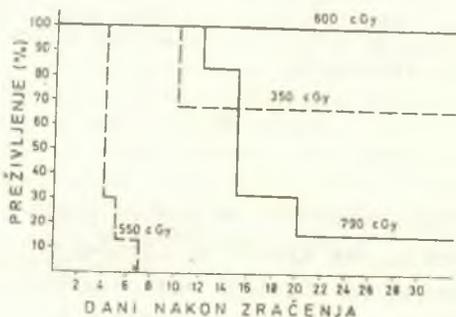
AKTIVACIJA MEHANIZMA ZGRUŠAVANJA KRVI U TOKU EVOLUCIJE
AKUTNOG RADIJACIJSKOG SINDROMA (ARS) U ŠTAKORA OZRAČENIH
RAZLIČITIM DOZAMA X-ZRAKA I BRZIH NEUTRONA.

REZIME: U okviru sustavnog praćenja evolucije ARS u štakora ozračenih subletalnim i letalnim dozama x-zraka (600 i 790 cGy) i brzih neutrona (350 i 550 cGy) pored hematoloških parametara pratili smo i promjene u mehanizmu zgrušavanja krvi. Koagulacijske parametre smo pratili nakon zračenja u vrijeme kada je broj trombocita bio normalan, u vrijeme kada je njihov broj počeo padati i konačno u vrijeme kada je broj trombocita bio vrlo nizak. Našli smo da je u toku evolucije ARS došlo do aktivacije mehanizma zgrušavanja krvi i to u vrijeme kada još nije bilo znakova bolesti i kada je broj trombocita bio relativno visok. Međutim ako se na opisane promjene u smislu hiperkoagulabilnosti krvi kasnije nadoveže teška trombocitopenija, dolazi do razvitka hipokoagulabilnosti krvi sa hemoraškim sindromom.

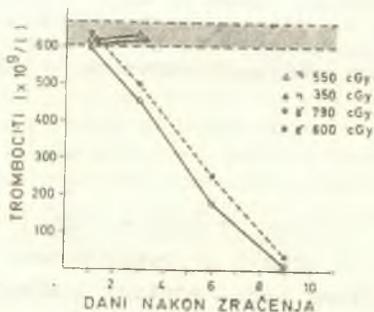
Teška krvarenja koja prate ARS gotovo se isključivo povezuju sa trombocitopenijom uslijed zračenjem izazvanog oštećenja koštane srži. Međutim, zračenje dovodi do oticanja vezivnog tkiva do povrede endotela i do ogoljenja bazalne membrane krvnih žila (1). Tim se promjenama narušava cirkulacija krvi i omogućuje prodor u cirkulaciju tromboplastinskih i antiheparinskih tvari iz oštećenih stanica i tkiva (2). Sve te promjene mogu aktivirati mehanizam zgrušavanja krvi u ranom razdoblju iza zračenja kada još nema trombocitopenije ni kliničkih znakova ARS. Stoga smo u ovom radu htjeli utvrditi dinamiku promjena u mehanizmu zgrušavanja krvi u štakora ozračenih subletalnim i letalnim dozama x-zraka i brzih neutrona u toku evolucije ARS.

Wistar štakore obaju spolova tjelesne težine 250-350 g ozračili smo subletalnim i letalnim dozama x-zraka i brzih neutrona. Kao izvor x-zraka poslužio nam je terapijski aparat firme Philips uz slijedeće uvjete zračenja: 220 kV, 15 mA, filter 1 mm Al i 0.5 mm Cu, udaljenost izvora od životinje 42 cm uz brzinu doze od 66 cGy/min. Kao izvor brzih neutrona poslužio nam je ciklotron Instituta "Ruder Bošković" uz slijedeće uvjete zračenja: srednja energija neutrona 4.5 MeV sa 10-20% doprinosom γ zraka, udaljenost životinje od izvora 100 cm i uz brzinu doze od 17 cGy/min.

Promjene u mehanizmu zgrušavanja krvi pratili smo neposredno nakon zračenja u vrijeme kada je broj trombocita relativno visok (3.dan), zatim u vrijeme kada je broj trombocita počeo padati (6.dan) i konačno u vrijeme kada je broj trombocita bio manji od 50.000 (9.dan). Iz jugularne vene 5 ozračenih i 5 neozračenih štakora uzetu smo krv odmah pomiješali sa M/40 Na-citratom u omjeru 10:1. Nakon centrifugiranja odvojili smo plazmu bez trombocita i u njoj unutar 5 sati od uzimanja krvi odredili protrombinsko vrijeme, aktivirano parcijalno protrombinsko vrijeme, vrijeme rekalcifikacije plazme (Howell) i koncentraciju fibrinogena. U uzorku krvi odredili smo i broj trombocita.



Slika 1.



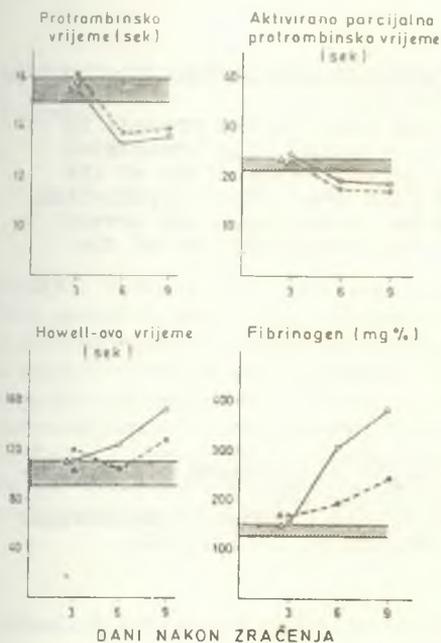
Slika 2.

Na Slici 1. prikazali smo vrijeme ugibanja štakora ozračenih subletalnim (600 cGy) i letalnim (790 cGy) dozama x-zraka i letalnim dozama (350 i 550 cGy) brzih neutrona. Štakori ozračeni letalnom dozom x-zraka započinju ugibati 12. dana iza zračenja uslijed insuficijencije koštane srži, da bi u roku od 30 dana od te doze uginulo ukupno 84% životinja. U štakora ozračenih letalnom dozom brzih neutrona smrt nastupa rano 4. dana iza

zračenja zbog teških promjena na sluznici probavnog trakta da bi do 7. dana sve životinje uginule.

Na slici 2. prikazali smo dinamiku pasa broja trombocita u perifernoj krvi ozračenih štakora. U štakora ozračenih x-zrakama bez obzira na visinu primljene doze, broj trombocita u perifernoj krvi započinje ubrzo nakon zračenja padati da bi oko 9. dana dosegao svoje minimalne vrijednosti (50.000). Za razliku od ovih u štakora ozračenih letalnim dozama brzih neutrona unutar prvih 3 dana iza zračenja u perifernoj krvi nismo zapazili nikakvih promjena u broju trombocita. Iz prikazane dinamike zbivanja proizlazi da je pad trombocita posljedica oštećenja koštane srži a ne direktnog djelovanja zračenja na trombocite u cirkulaciji.

Protrombinsko vrijeme i aktivirano parcijalno protrombinsko



vrijeme nakon zračenja sa subletalnim i letalnim dozama x-zraka se progresivno skraćuju, što ukazuje da je došlo do aktiviranja vanjskog i unutarnjeg mehanizma zgrušavanja krvi. U štakora ozračenih x-zrakama u ovisnosti od primljene doze, koncentracija fibrinogena raste dok je u štakora ozračenih brzim neutronima koncentracija fibrinogena u krvi tek neznatno iznad normalnih vrijednosti. Porast koncentracije fibrinogena u krvi je reakcija proteina akutne faze na razne stres situacije, a u ovom slučaju na zračenje. Vrijeme rekalcifikacije plazme (Howell) u štakora ozra-

čenih x-zrakama prvih je dana iza zračenja na gornjoj granici normale ili nešto iznad nje. Međutim od 6. dana u obje grupe štakora ozračenih x-zrakama vrijeme rekalcifikacije plazme se progresivno produžuje što da se razvija stanje hipokoagulabilnosti krvi. Taj se obrat vremenski poklapa sa padom broja trombocita.

Kao što smo već istakli, neposredno nakon zračenja kad još nema vidljivih znakova oštećenja funkcije koštane srži dolazi do blagog ali postepenog pada broja trombocite u perifernoj krvi.

U dinamici promjena u mehanizmu zgrušavanja krvi nema bitnih razlika između subletalno i letalno ozračenih životinja. Međutim, bitna se razlika između subletalno i letalno ozračenih životinja javlja tek kasnije kada se u letalno ozračenih štakora uz jaku trombocitopeniju razvijaju i znakovi hipokoagulabilnosti krvi. Drugim riječima, nakon faze hiperkoagulabilnosti krvi koju smo registrirali u ranim fazama nakon zračenja, razvija se uslijed trombocitopenije faza hipokoagulabilnosti krvi koja može u tih životinja dovesti do razvitka fatalnog hemoragijskog sindroma.

ACTIVATION OF BLOOD COAGULATION PROCESS DURING ACUTE RADIATION SICKNESS

The signs of activation of blood coagulation process in x-ray and fast neutrons sublethally and lethally irradiated rats were registered. The signs of hypercoagulability of the blood were found during the first five days after irradiation. Thereafter in the course of acute radiation sickness severe thrombocytopenia and signs of the hypocoagulability of the blood were observed.

LITERATURA

1. Sushkevich, G.N., Intravascular blood coagulation after irradiation. Med. Radiol. (Moskva) 26:60, 1981.
2. Sise, H.S., Gauthier, J., Becher, R., Bolger, J. Blood coagulation factors in total body irradiation. Blood 18:702, 1961.

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31. maj- 3. jun 1983.

Sonja Levanat, Živan Deanović

Institut "Rudjer Bošković" OOUR Eksperimentalna biologija i medicina

Zagreb. Bijenička 54

PROMJENE AKTIVNOSTI NEKIH ENZIMA U SERUMU RAZLIČITO OZRAČENIH
ŠTAKORA

SAŽETAK: Pratili smo aktivnost nekih enzima u serumu štakora ozračenih različitim dozama X, gama i neutronske zračenja. Željeli smo ispitati koliko su neki enzimski sistemi osjetljivi na neutronske zračenje u odnosu na fotonske izvore, te mogu li i u kojoj mjeri biti pokazatelji radijacijskog oštećenja. Pratili smo kretanje aktivnosti slijedećih enzima u serumu: aspartat aminotransferaze, alanin aminotransferaze, kreatin kinaze, aldolaze i laktat dehidrogenaze. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da u kasnijem periodu po ozračenju (od trećeg dana dalje) nastupa značajan pad aktivnosti enzima koji je donekle proporcionalan s dozom i mnogo jače izražen nakon zračenja s neutronima.

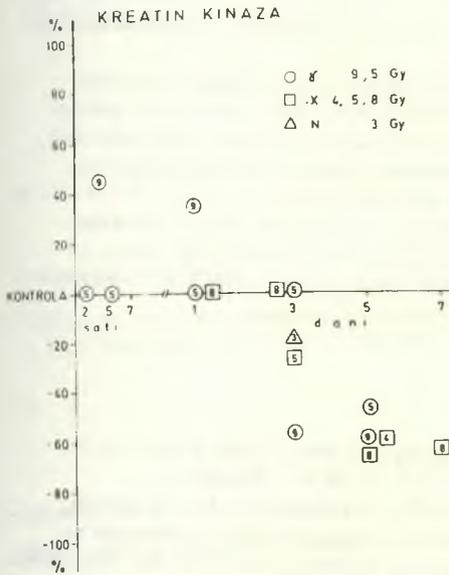
Radijacijsko oštećenje bioloških makromolekula i zračenjem izazvana povećana permeabilnost raznih bioloških membrana dovodi do degradacionih procesa u stanicama i tkivima (raspadanje limfocita, pojava metabolita nukleinskih kiselina u urinu i dr.), do poremetnje sinteze proteina i tako do niza funkcionalnih poremećaja organa i organizma u cjelini. Stoga je važno praćenje onih biokemijskih parametara koji bi mogli odraziti težinu radijacijskog oštećenja organizma, a koji bi se uz to mogli odrediti jednostavnim metodama iz lako dostupnog materijala (1).

Našim istraživanjima željeli smo ispitati u kojoj su mjeri neki enzimski sustavi osjetljivi na neutronske zračenje u odnosu na fotonsko, te moći li i u kojoj mjeri biti pokazatelji specifičnog radijacijskog oštećenja. Izabrali smo seriju enzima za koje postoje u literaturi indicije da pod utjecajem zračenja pokazuju promjene u aktivnosti; osim toga ti se enzimi rutinski ispituju u kliničkoj dijagnostici (2). Kreatin kinaza je osjetljiv pokazatelj mišićnog oštećenja, a mišićje zauzima dobar dio mase organizma; laktat dehidrogenaza (LDH) i aldolaza (ALD) su glikolitički enzimi prisutni u gotovo svim stanicama organizma; aminotransferaze (aspartat aminotransferaza -AST i alanin aminotransferaza - ALT) su pak enzimi glavnih laničanih sistema metabolizma uključenih u biosintezu proteina.

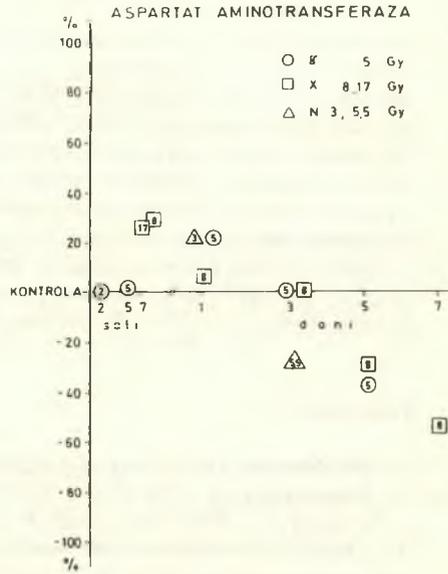
Aktivnost enzima odredjivali smo u serumu kinetičkim metodama na automatiziranom spektrofotometru tipa Gilford V. Sva ispitivanja vršena su na štakorima mužjacima, soja Wistar, iz uzgoja našeg Instituta.

Kao neutronske izvor korišten je ciklotron Instituta "Rudjer Bošković". Srednja energija neutrona na ciklotronu iznosi 4 MeV. Korišteno je unilateralno bočno ozračenje. Kao izvor X zraka služio je Philipsov terapijski rendgenski aparat. Smjer upadne zrake na tijelo štakora bio je dorzoventralni. Izvor gama zraka bio je Co^{60} panoramski izvor. Snop zraka bio je horizontalan, a ekspozicija također unilateralna bočna. U svim slučajevima ozračivanja apsorbirana tkivna doza mjerena je kemijski tkivno-ekvivalentnim dozimetrom DL-M3 (proizvodnja OOUR TENEZ Instituta "Rudjer Bošković"), a kao referentni dozimetar služila je ionizaciona "Kerma" komora.

Naša ispitivanja su pokazala da se laktat dehidrogenaza i aldolaza u ranom periodu nakon letalnog i subletalnog ozračenja uglavnom ne mijenjaju; pad aktivnosti u serumu postaje značajan od trećeg dana, a sedmog je dana ta aktivnost već sasvim niska. Kreatin kinaza i aspartat aminotransferaza u ranijem periodu poslije ozračenja pokazuju porast aktivnosti, a od trećeg dana pad postaje sve značajniji. Na slikama 1 i 2 prikazana je dinamika kretanja aktivnosti kreatin kinaze i aspartat aminotransferaze (enzima koji su pokazali značajnije promjene) u različitim vremenima po ozračenju različitim dozama X, gama i neutronske ozračenja.



Slika 1



Slika 2

Slika 1- Promjene aktivnosti kreatin kinaze prema kontroli nakon ozračenja dozama 5 i 9 Gy gama, 4, 5 i 8 Gy X i 3 Gy neutronskeg zračenja nakon drugog, petog i sedmog sata te nakon prvog, trećeg, petog i sedmog dana.

Slika 2- Promjena aktivnosti aspartat aminotransferaze prema kontroli nakon 5 Gy gama, 8 i 17 Gy X i 3 i 5,5 Gy neutronskeg zračenja drugog, petog i sedmog sata te prvog, trećeg, petog i sedmog dana.

Na temelju dosadašnjih ispitivanja uočili smo smanjenje aktivnosti ispitivanih enzima u serumu od trećeg postiradiacionog dana na dalje, što može biti posljedica poremećene sinteze enzima ili pak njihovog smanjenog otpuštanja u cirkulaciju. Pokazalo se da se oštećenja uzrokovana neutronima već kod manje doze (zbog njihove veće biološke efikasnosti) znatno ranije ispoljavaju u vidu pada aktivnosti navedenih enzima, nego što je to slučaj s fotonskim (X i gama) zračenjem.

ENZYME ACTIVITY CHANGES IN SERA OF DIFFERENTLY IRRADIATED RATS

Enzyme activity in rat serum after irradiation by various X, gamma and neutron doses was examined.

The objective was to measure differential enzyme sensitivity to neutron versus photon sources, and to establish if and how good radiation damage indicators serum enzymes could be. The following enzymes were selected for examination: aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase.

The most significant preliminary result is a marked decrease in enzyme activity in later period (three or more days after irradiation), which is roughly proportional to the dose, and much better manifested after neutron irradiation.

Literatura:

1. Biochemical Indicators of Radiation Injury in Man, IAEA, Vienna, 1971.
2. Neumeister, K., Barth, I., Baumann, H., Gold, F., Niemiec, C., Schwedt, P., Sölter, B., Jupp, K., Sitte, A., Riessbeck, K.H., Hegewald, H., Pathobiochemische, hämatologische und immunologische Befunde bei klinisch symptomarmem Verlauf der akuten Strahlenkrankheit des Schweines, 6, 740-748, (1978)

P. Kljajić, E. Horšić, Z. Milošević, D. Hasanbašić
ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO
71000 SARAJEVO, V. Putnika 134.

HEMATOLOŠKE PROMJENE KOD KOZA NAKON AKUTNOG
OZRAČIVANJA VISOKO ENERGETSKIM X ZRAKAMA

REZIME

U radu je opisan hematološki status kod koza nakon akutnog jednokratnog ozračivanja visoko energetskim X zrakama od 4 MeV, dozom od 2,60 Gy. Dobijeni rezultati ukazuju da se već u toku prva 24 sata po ozračivanju javljaju promjene hematoloških parametara a najizraženije nastaju u fazi izraženih kliničkih simptoma između 14. i 28. dana nakon ozračivanja.

U V O D

Biološki odgovor živih organizama na jonizujuće zračenje manifestuje se na različite načine, zavisno o stepenu i tipu nastalih lezija. Značajan uticaj ima izvor zračenja, uslovi ozračivanja, vrsta jedinke kao i niz drugih fizioloških i ekoloških uslova (1, 2).

Vidljive biološke promjene izazvane ozračivanjem u akutnom obliku većim dozama zračenja opisane su kao akutna radijaciona bolest sa istaknutim ali nespecifičnim promjenama i karakterističnim patomorfološkim nalazom (3, 4, 5).

Za nastanak i tok sindroma zračenja od odlučujućeg patogenetskog značenja je oštećenje hematopoeze. Ovo oštećenje se odnosi na granulopoezu, eritropoezu, trombopoezu i limfopoezu (6, 7). U radu su prikazane ove promjene kod koza nakon akutnog jednokratnog ozračivanja.

MATERIJAL I METODE RADA

Ekperimentom je obuhvaćeno 12 životinja muškog pola starosti dvije godine i težine 26 - 30 kg.

Životinje su ozračene linearnim akceleratorom od 4 MeV, dozom od 2,60 Gy. Homogenost doze kretala se unutar 20%.

Nakon ozračivanja praćeni su hematološki parametri: broj eritrocita, leukocita, trombocita, vrijednost hemoglobina i diferencijalna krvna slika u periodu od 30 dana. Krv za analize uzimana je 1, 3, 7, 14, 21. i 28. dana po ozračivanju. Kao kontrola služile su predekspozicijske vrijednosti.

Broj eritrocita i leukocita određivan je automatskim brojačem ćelija, broj trombocita po Foniju i Lüdlin-Feissl-u, koncentracija hemoglobina fotometrijski a diferencijalna krvna slika iz krvnog razmaza obojenog po Peppenheim-u.

REZULTATI I DISKUSIJA

Već 24 sata po ozračivanju životinja uočavaju se promjene u krvi. Promjene su najizraženije na bjeloj krvnoj lozi i trombocitima a očituju se u vidu leukopenije i trombocitopenije. Broj leukocita i trombocita opada skoro na polovinu prvobitne vrijednosti. U ovom periodu broj eritrocita i vrijednost hemoglobina ne pokazuju odstupanja od normale (tabela 1).

Promjene u krvnoj slici koza ozraćenih dozom od 2,60 Gy (\bar{X} za grupu).

Tabela 1.

Ispitivani parametri	\bar{X} prije zraćenja	Vrijednosti po danima nakon zraćenja					
		1.	3.	7.	14.	21.	28.
Hemoglobin m mol/L	7.28	7.06	7.18	6.59	6.06	5.59	5.74
Eritrociti $\times 10^{12}/L$	10.07	10.00	9.99	9.34	8.51	8.10	8.14
Leukociti $\times 10^9/L$	9.58	5.95	3.92	2.94	1.58	1.33	1.07
Trombociti $\times 10^9/L$	407	218	84	75	41	27	14

Analizom diferencijale krvne slike zapaža se da su u okviru leukocita najviše pogodjeni limfociti čiji se procentualni udio u ukupnim leukocitima smanjuje i za 80% (tabela 2).

Diferencijalna krvna slika koza ozračenih
dozom od 2,60 Gy (\bar{X} za grupu)

Tabela 2.

Vrsta ćelija	\bar{X} prije zračenja	Vrijednosti po danima nakon zračenja					
		1.	3.	7.	14.	21.	28.
Neutrofili neseg.	0.01	-	-	-	-	-	-
Neutrofili segment.	0.20	0.76	0.69	0.62	0.10	0.10	0.12
Eozinofili	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01	0.02	0.02
Bazofili	-	-	-	-	-	-	-
Limfociti	0.73	0.19	0.20	0.27	0.82	0.72	0.78
Monociti	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.06	0.05
Mladi oblici	-	-	0.04	0.05	0.05	0.10	0.03

Tendencija pada broja leukocita i trombocita nastavlja se i u daljem toku postradijacionog perioda i na kraju eksperimentalnog perioda od 30 dana broj leukocita iznosi svega $1.07 \times 10^9/l$ a trombocita $14 \times 10^9/l$ (tabela 1).

Najizrazitije promjene u krvnoj slici javljaju se između 14. i 28. dana po ozračivanju. Ovaj nalaz poklapa se sa pojavom manifestnih krvarenja iz prirodnih otvora i po sluznicama naročito nosa.

Trećeg dana po ozračivanju karakteristična je pojava mladih - nezrelih ćelija leukocitne loze u diferencijalnoj krvnoj slici (tabela 2) što ukazuje na pokušaj hematopoetskog tkiva da nadoknadi gubitak ćelija iz cirkulacije ubacivanjem nezrelih ćelija.

Promjene u broju eritrocita i vrijednosti hemoglobina javljaju se 14. dana po ozračivanju što se također poklapa sa pojavom manifestnih krvarenja koja se javljaju između 17. i 21. dana po ozračivanju.

Z A K L J U Č A K

1. Navedeni rezultati ukazuju da su promjene u krvi karakteristična pojava u toku razvoja akutne radijacacacione bolesti i d koza i da se javljaju već u toku prva 24 sata po ozračivanju.
2. Izražena leukopenija i trombocitopenija ukazuju na visoku radicsenzitivnost ovih ćelija te o znatnom oštećenju limfopoeze i trombopoeze jer je pad broja leukocita i trombocita konstantan u toku čitavog eksperimentalnog perioda.
3. Pojava hemoragične dijateze kojoj je prethodila trombocitopenija ukazuje na potrebu detaljnijeg proučavanja i istraživanja hematopoeze čija oštećenja dovode do pojave hemoragija koje su bile dominantan nalaz kod uginulih i žrtvovanih životinja.

SUMMARY

This work deals with the hematology status of goats after an acute once exposing to radiation with highly energetic x-rays of 4MeV, in a 2,60 Gy dose.

The obtained results have shown that during the first 24 hours immediately after the radiation there appear changes of hematology parametres, while the most significant changes appear in the phase of the obvious clinical symptoms between 14th and 28th day after the radiation.

LITERATURA

1. Korotkov E.V., Orehov A.V.: Radiobiologija, 19, 19, 1979.
2. Otoupal P., Gajdošik A., Zicha B.: Vet.Med., Praha, 20,749, 1975
3. Anas M. et al: Int. J. Radiat. Biol., 34, 359, 1978.
4. Gdanskaja F.N., Strelin G.S.: Radiobiologija, 19, 389, 1979.
5. Koch F. et al: Mh. Vet. Med., 35, 138, 1980.
6. Nowotny P., Schulz K., Bast R.: Folia Haematologica, 91, 227, 1969.
7. Johannsen U. et al: Arch. exper. Vet. med., 32, 537, 1978.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
OHRID, 31. maj - 3. jun. 1983.

Z. Milošević, R. Kljajić, E. Horšić, I. Selak, Z. Marković

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO

71000 SARAJEVO, V. Putnika 134.

KOMPARATIVNA ISTRAŽIVANJA AKUTNOG RADIJACIONOG
SINDROMA KOD MALIH PREŽIVAČA

R E Z I M E

Ispitivane su manifestacije akutnog radijacionog sindroma (ARS) kod ovaca i koza, nakon akutnog jednokratnog ozračivanja poluletalnom dozom tvrdog X zračenja. Praćena je klinička slika u periodu od 30 dana, te patoanatomske i patohistološke promjene kod uginulih i žrtvovanih životinja. Rezultati ukazuju da su u toku ARS hemoragije dominantna pojava kod obje vrste životinja s tom razlikom što se kod ovaca pretežno javljaju u najizrazitijoj formi na gastrointestinalnom traktu a kod koza na respiratornom sistemu uz pojavu jakih pneumonija.

U V O D

Proučavanje akutnog radijacionog sindroma malih preživača ima veliki značaj kako sa aspekta veterinarsko-sanitarnih mjera tako i radijacione higijene namirnica animalnog porijekla. Mogućnosti ekstrapolacije pojedinih promjena koje se proučavaju, sa životinja na čovjeka, daju ovim istraživanjima još veći značaj. Naime, biološki odgovor živih organizama na jonizirajuće zračenje manifestira se na različite načine ovisno o stepenu i tipu nastalih lezija. Značajan uticaj pripada izvoru zračenja i načinu ozračivanja. Visokoenergetsko X-zračenje proizvedeno na linearnom akceleratoru vrlo je pogodno za ova istraživanja jer je moguće postići relativno homogenu apsorbiranu dozu za cijelo tijelo kod životinja velike biomase, na kojima se mogu uspješno proučavati pojedini klinički simptomi radijacione bolesti sa raznovrsnom namjenom.

MATERIJAL I METODE RADA

Za istraživanje je upotrijebljeno po 10 ovaca i koza autohtone pasmine u starosti od 2 godine težine 25-40 kg. Prije uvođenja u eksperiment životinje su adaptirane na eksperimentalne uslove i određeni su svi parametri koji su praćeni u toku eksperimenta.

Životinje su ozračene linearnim akceleratorom tipa Litatron firme "Varian". Varijacije apsorbiranih doza unutar tijela životinja bile su do najviše 20% a rezultat su nehomogenosti tijela (pluća prema kostima).

Klinički simptomi i hematološki parametri praćeni su u vremenu od 30 dana po ozračivanju. Uginule i žrtvovane životinje su detaljno patomorfološki obradjene.

REZULTATI I DISKUSIJA

Vanjski klinički simptomi akutnog radijacionog sindroma su karakterizirani poznatim fazama radijacione bolesti kod obje vrste eksperimentalnih životinja.

U prodromalnoj fazi i latentnom periodu, koji su trajali oko 7 dana, simptomi su približno isti. To su: potišteno i apatično držanje, usporeno uzimanje hrane, nakostrešenost dlake i laki konjuktivitis. Kod koza se oko 5. dana zapaža i pooštreno disanje, kašalj i ponekad sluzav iscjedak iz nosa.

Period od 7. dana na dalje može se smatrati početkom faze izraženih kliničkih simptoma. Ova faza se može podijeliti u dva stepena od kojih je prvi karakteriziran jakom apatijom, znatno smanjenim uzimanjem hrane i općom slabosti uz pretežno ležanje. Kod ovaca se javljaju jaki prolivi a kod koza povećanje bronhopneumoničnih simptoma sa sluzavo gnojnim iscjedkom iz nosa, kašljem i otežanim disanjem.

Druga faza počinje znatnim povišenjem temperature (40,5-42,3 °C). Tjelesna težina pada u prosjeku za 1,5 - 2,8 kg. Kod ovaca je karakterizirana znatnim poremećajima probavnog sistema. Loš prognostički znak su hemoragična dijareja i hematurija. Kod koza se u ovom periodu javlja jaka bronhopneumonija (u oko 90% slučajeva) sa krvarenjem iz nosa.

Hemoragična dijateza je zajednička za obje vrste premda je kod koza jače izražena a karakterizirana je petehijalnim krvarenjima u konjunktivama i koži, krvarenjem iz nosa, izlučivanjem krvi fecesom i hematurijom. Kod ovaca treba spomenuti epilaciju koja je dosta jaka duž kičmenog stuba i postrano na abdomenu.

Najveći broj ugibanja desio se unutar perioda od 13.-23. dana. Početkom 4. sedmice počinje faza oporavka. Teški klinički simptomi polako nestaju ali je kod nekoliko životinja zapažen recidiv sa letalnim završetkom kod jedne ovce i dvije koze. Opće stanje nije se znatno popravilo do kraja ispitivanog perioda.

Promjene u krvnoj slici (tabela 1) uočene su već prvog dana po ozračivanju. Pad broja eritrocita je neznatan sve do kraja faze izraženih kliničkih simptoma i iznosi najviše oko 20%.

Uočljive razlike nastaju komparacijom pada broja ukupnih leukocita koji kod ovaca krajem eksperimentalnog perioda iznose oko 50% prvobitne vrijednosti, dok je kod koza karakterističan konstantan pad, tako da 28. dana po ozračivanju imaju u prosjeku tek oko 11% od ukupnog broja ustanovljenog prije ozračivanja. Slična je situacija i sa trombocitima kod koza koji gotovo potpuno isčezavaju (ostaje svega oko 4% normalne vrijednosti) što je i glavni uzrok opće hemoragične dijateze. Pad limfocita je najveći 1. dana po ozračivanju (za 80% prvobitnog broja), da bi 28. dana kod ovaca dostigao 63% a kod koza 90% normalne vrijednosti.

Krvna slika ovaca i koza nakon ozračivanja poluletalnom dozom X zračenja

Tabela 1.

Ispitivani parametri	Vrsta živ.	\bar{X} prije eksp.	Po danima					
			\bar{X} za grupu u toku eksperimenta					
			1.	3.	7.	14.	21.	28.
Eritrociti	O	7,8	7,0	7,0	6,9	7,4	6,7	6,5
$\times 10^{12}/L$	K	10,0	9,8	9,8	9,3	8,5	8,1	8,1
Leukociti	O	8,6	4,1	2,5	2,8	3,2	3,8	4,5
$\times 10^9/L$	K	9,5	5,7	2,9	1,9	1,3	1,2	1,0
Trombociti	O	469	319	216	155	206	220	202
$\times 10^9/L$	K	337	178	64	55	21	17	14
Limfociti	O	72	12	52	66	57	36	46
%	K	73	19	20	27	72	78	82

Slika opće hemoragične dijateze nalazi se kod svih uginulih i žrtvovanih životinja, pri čemu učestalost i lokalizacija krvarenja mogu varirati od slučaja do slučaja.

Naročito treba istaći brojna petehijalna i slivena krvarenja u potkožnom tkivu i muskulaturi, subpleuralna i peribronhijalna krvarenja te identične pojave subepikardijalno, subendokardijalno, u kapsuli slezene, sluznicama želuca, tankog i debelog crijeva i u subserozi crijeva. Manje su pogodjeni: trahea, žučni mjehur, bubrežna kapsula i parenhim bubrega te mezenterijalni limfni čvorovi.

Kod koza su, shodno kliničkim simptomima, jače izražene promjene u plućima u vidu hemoragičnih edema, parenhimnih krvarenja te kataralne i hemoragične upale. Kod ovaca su jače izražene promjene u probavnom sistemu

gdje su, osim brojnih krvarenja, nađene i promjene od jake kataralne upale sa hemoragičnom komponentom do nekrotizirajućeg ulceroznog zapaljenja te degenerativna oštećenja parenhima jetre i to većinom kao kombinacija centrolobularne degeneracije, parenhimne i hidropsene degeneracije te fokalne nekroze.

Krvarenjima uvijek prethodi trombocitopenija ali i infekcije i teške pneumonije odnosno prisustvo bakterijskih endotoksina i toksičnih produkata tkivnog raspada koji mogu izmijeniti sistem koagulacije i hemodinamiku te permeabilitet krvnih sudova. Međutim, bez obzira na izrazite patoanatomske nalaze gubitka krvi kod postojeće hemoragične dijateze, unutarnje krvarenje ne bi se moglo uzeti kao odlučujući uzrok radijacione bolesti.

Z A K L J U Č A K:

Kao uzrok akutnog radijacionog sindroma nastalog polulethalnim ozračivanjem ovaca i koza tvrdim X zrakama primarno bi bilo teško oštećenje hematopoeze koje rezultira granulocitopenijom, limfopenijom i trombocitopenijom. Na toj osnovi može da dodje do aktiviranja latentnih i subkliničkih infekcija dišnih organa sa stvaranjem teških pneumonija, kao i do promjena u crijevnoj flori sa razvitkom enteritida. Propadanje celularnih obranbenih mehanizama vodi, počevši od crijeva i pneumonično promjenjenih pluća, do resorpcije bakterijskih toksina kao i produkata raspada tkiva, do intoksikacije sa hemodinamičkim smetnjama i povišenim permeabilitetom krvnih sudova i degenerativnim oštećenjima parenhima.

S U M M A R Y

There have been examined the manifestations of the acute radiation syndrome (ARS) in sheep and goats after their being once exposed to a semilethal dose (LD 50/30) of hard x-radiation.

During 30 days the clinical picture has been examined as well as the patho-anatomical and patho-histological changes in the died and sacrificed animals. It has been found out that mainly the haemorrhage occurs in both kinds of animals with the difference that in sheep it occurs in its most distinct form on the gastrointestinal system and in goats on their respiratory system.

LITERATURA:

1. Edmonson P.W., Batchelor A.L.
Int. Jour. Rad. Res. 50,3, 269-290, 1971.
2. Johansen U. et all:
Arch. exp. Vet. med. 32, 623, 1978.
3. Mandel L. et all:
Zeitschr. f. Versuchstierkunde 22, 96, 1980.
4. Otoupal P., Gajdošik A., Zicha B.
Vet. Med., Praha 20, 749, 1975.
5. Schneider M.D.
Amer. J. Vet. Res., 38, 209, 1977.
5. Sokolov V.V. Ivanova I.A., Gorizontova M.N.
Med. radiologija, 22, 63, 1977.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj-3 jun 1983

Jasniuka Pavelić, B. Vitale

Institut "Ruder Bosković", Bijenička c. 54, p.p. 1016, 41000 Zagreb

REGENERACIJA KRVOTVORNOG TKIVA MIŠEVA NAKON SUBLETALNOG
ZRAČENJA. OVISNOST O DOZI ZRAČENJA.

U miševa ozračenih s različitim subletalnim dozama X zraka opažena su dva bitno različita tipa regeneracije krvotvornog tkiva. Kod nižih doza zračenja (ispod 4 Gy) za regeneraciju su odgovorne usmjerene matične stanice s izraženim kapacitetom diferencijacije, i matične stanice (MS) koje imaju veći potencijal diferencijacije nego samoobnavljanja. Kod viših doza zračenja (iznad 4 Gy) stradavaju usmjerene matične stanice i matične stanice s izraženim kapacitetom diferencijacije. Glavnina obnove vezana je uz populaciju matičnih stanica (MS) s vrlo izraženim kapacitetom samoobnavljanja. One se pojavljuju u koštanoj srži, ali dijelom emigriraju u slezenu u kojoj svojom proliferativnom aktivnošću izazivaju prolaznu splenomegaliju.

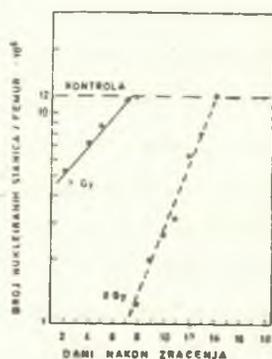
Preživljavanje miševa nakon ozračenja posljedica je aktivnosti MS krvotvornog tkiva. Kod subletalno ozračenih životinja preživjele MS odmah nakon zračenja nastavljaju proliferaciju i diferencijaciju (model endokolonizacije) (1). U modelu egzokolonizacije MS neozračenog davaoca transplantirane u letalno ozračenog primaoca repopuliraju zračenjem ispražnjeno krvotvorno tkivo. Međutim, njihova diferencijacija i proliferacija započinje tek nakon različito duge faze mirovanja (2). Iako je u oba slučaja regeneracija oštećenog krvotvornog tkiva posljedica aktivnosti istog tipa stanica, vremenske razlike potrebne za njihovu aktivaciju i sam tok regeneracije ukazuju na mogućnost da se radi o različitim subpopulacijama stanica.

U radu smo ispitivali postojanje različitih subpopulacija MS u koštanoj srži i njihovu ulogu u regeneraciji krvotvornog tkiva, a nakon zračenja s različitim sub-

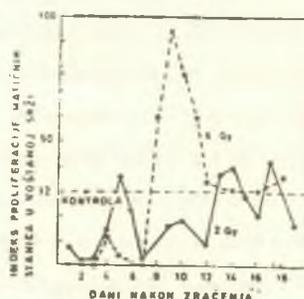
Jetelnim dozama X zraka.

Miševe soja CBA ozračili smo s 2 odnosno 6 Gy X zraka. U razdoblju od 30 dana iza zračenja pratili smo testom endogenih i egzogenih kolonija dinamiku obnove MS, te dinamiku obnove staničnog sadržaja koštane srži i slezene. Jačinu samoobnavljanja MS (koštane srži ili slezene) prikazivali smo indeksom proliferacije, kojeg smo izračunali kao omjer broja MS koje daje 10^6 nukleiranih stanica dotičnog organa i ukupnog broja nukleiranih stanica u istom organu.

Kod slabijeg stupnja oštećenja (2 Gy) obnova staničnog sadržaja koštane srži započinje 2. dana, i do 7. dana već je u granicama normale. U miševa ozračenih s 6 Gy obnova započinje tek 8. dana, a završava 14. dana iza zračenja (slika 1). Indeks proliferacije MS koštane srži kod miševa ozračenih s 2 Gy pokazuje prolazan porast MS oko 5. dana. Nakon toga samoobnova MS teče sporo tako da tek 12. dana dosiže kontrolne vrijednosti. U slučaju miševa ozračenih s 6 Gy proliferativna aktivnost MS započinje 7. dana. U razdoblju od 4 dana njihov se broj utrostručuje, a 12. dana vraća se u granice normale (slika 2). U slučaju ozračenja s 2 Gy oporavak staničnog sadržaja slezene započinje 4. dana, ali teče sporo tako da su normalne vrijednosti dostignute tek 16. dana nakon zračenja. Nakon zračenja s 6 Gy obnova staničnog sadržaja slezene započinje znatno kasnije, tek 13. dana. U tom razdoblju broj stanica u slezeni naglo raste, te između 16. i 18. dana dosiže vrijednosti koje su 1.5 puta veće od normalnih. Opisana splenomegalija traje oko 10 dana nakon čega se slezena vraća u granice normale (slika3). Na slici 4 prikazan je indeks proliferacije MS u slezeni za miševe ozra-



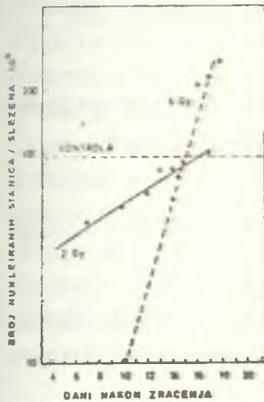
Slika 1



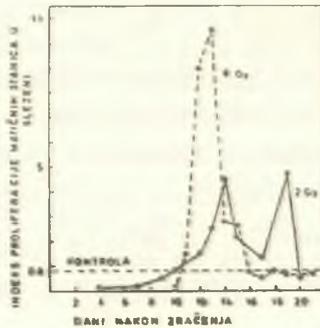
Slika 2

čene s 2 i 6 Gy. U oba slučaja dolazi do porasta broja MS u slezeni između 10. i 16. dana iza zračenja, ali je porast znatno intenzivniji u miševa ozračenih s 6 Gy.

Analiza dinamike oporavka matičnih stanica i nukleiranih stanica u koštanoj srži i slezeni u ovisnosti o vremenu i primjenjenoj dozi zračenja pokazuje da su MS heterogena populacija stanica s obzirom na diferencijaciju u različite vrste krvnih stanica, brzinu diobe i osjetljivosti na zračenje. U miševa ozračenih s 2 Gy zračenje preživljuju usmjerene matične stanice čija daljnja proliferacija ima kao posljedicu: 1) ranu, ali prolaznu normalnu vrijednost indeks proliferacije u koštanoj srži (5. dan), 2) brzu i cjelokupnu repopulaciju staničnog sadržaja koštane srži, 3) brzu početnu repopulaciju staničnog sadržaja slezene. Stanice odgovorne za daljnu repopulaciju slezene pripadaju kategoriji mladih MS s izraženim kapacitetom diferencijacije, a koje se aktiviraju u koštanoj srži 6. dana iza zračenja. Obje spomenute populacije stanica nismo bili u stanju registrirati kod miševa ozračenih s 6 Gy. Očito je stoga da se repopulacija krvotvornog tkiva u ovom slučaju odvija na račun neke druge populacije stanica. Naime, između 7. i 12. dana nakon zračenja u koštanoj srži pojavljuje se velika populacija MS s izraženim kapacitetom samoobnavljanja (porast indeks proliferacije za 2-3 puta). Te se stanice nakon naglog početnog samoobnavljanja diferenciraju i obnavljaju stanični sadržaj koštane srži. Potom emigriraju u slezenu gdje nakon daljnjeg samoobnavljanja proliferiraju i diferenciraju se, uzrokujući prolaznu splenomegaliju. Iz opisanih nalaza te podataka drugih autora (3,4) proizlazi da su procesi regeneracije krvotvornog tkiva bitno različiti nakon zračenja s dozama od



Slika 3



Slika 4

2 i 6 Gy. Kod niže doze zračenja za regeneraciju su odgovorne usmjerene matične stanice i MS koje imaju veći potencijal diferencijacije nego samoobnavljanja. Za regeneraciju krvotvornog tkiva nakon zračenja s 6 Gy odgovorne su MS koje se u momentu zračenja nalaze izvan staničnog ciklusa. One su relativno neosjetljive na zračenje X zrakama, a imaju vrlo dobro izraženu sposobnost samoobnavljanja. Te se stanice aktiviraju jedino u uvjetima kada nema usmjerenih matičnih stanica i MS s izraženim kapaciteom diferencijacije. Što je veća redukcija tih stanica to je jača i aktivacija MS s izraženim kapacitetom samoobnavljanja.

Na temelju iznesenog MS krvotvornog tkiva možemo podijeliti u dva bazična odjeljka: 1) regenerativni, u kojem se MS nalaze izvan staničnog ciklusa, i koje su odgovorne za regenerativni potencijal krvotvornog tkiva i 2) funkcionalni, u kojem MS proliferiraju i diferenciraju se u zrele krvne stanice.

In sublethally irradiated mice two different regeneration patterns were registered. In mice irradiated with lower dose (2 Gy) cycling fraction of progenitor hematopoietic stem cells (HSC) surviving irradiation with pronounced differentiation capacity seems to be exclusively responsible for the fast hemopoietic regeneration. In mice irradiated with 6 Gy X rays a separate population of HSC with pronounced capacity for selfrenewal is activated. These cells which appeared in the bone marrow between days 6 and 11 after irradiation are the only cells responsible for repopulation of hemopoiesis. Thereafter these HSC partly emigrate to the spleen where cause transient splenomegaly. These cells which are activated only when progenitor HSC are strongly reduced might be responsible for regeneration potential of hemopoietic tissues.

1. Boggs S.S., Chervenick P.A., Boggs D.R.: The effect of postirradiation bleeding or endotoxin on poliferation and differentiation of hematopoietic stem cells. *Blood*, 40:375-389, 1972.
2. Smith W.W., Wilson S.M., Fred S.S.: Kinetics of stem cell depletion and proliferation: effects of vinblastine and vincristine in normal and irradiated mice. *J. Nat. Cancer Inst.*, 40:847-854, 1968.
3. Till J.E., McCulloch E.A.: Repair processes in irradiated mouse hematopoietic tissues. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 114:115-125, 1964.
4. Chaffey J.T., Hellman S.: Radiation fractionation as applied to murine colony forming cells in differing proliferative states. *Radiology*, 93:1167-1172, 1969.

UTICAJ JONIZUJUĆEG ZRAČENJA VISOKIH DOZA NA MIKROTUBULARNI
SISTEM IN VITRO

Vera Gal⁺, Divna Trajković⁺⁺ i Radoslav Radovanović⁺

Institut za biofiziku, Medicinski fakultet, Univerzitet u
Beogradu⁺ i Odeljenje za biohemiju, Institut za biološka
istraživanja "Siniša Stanković", Beograd⁺⁺

Ispitivan je efekat jonizujućeg zračenja od 400 do 5000 Gy na intaktne mikrotubule kao i mikrotubularni protein u depolimerizovanom stanju elektronskim mikroskopom i spektrofotometrijski. Ozračivanje mikrotubularnog proteina dovođi do smanjenje ili gubitka njegove polimerizacione sposobnosti. Intaktne mikrotubule, međjutim, pokazuju veliku otpornost prema lomljenju ili depolimerizaciji prouzrokovanim zračenjem.

UVOD

Mikrotubule su organele koje učestvuju u izgradnji deobnog vretena, zatim daju oblik i čvrstinu ćeliji, kroz njih se odvija transport nekih supstanci i kao osnovna komponenta cilia omogućavaju pokretljivost ćelija. Njihova struktura je relativno jednostavna; one imaju oblik cilindra čiji su zidovi izgradjeni od proteinskih podjedinica, oko 80% tubulina a ostalo su proteini nazvani MAP (mikrotubularni asociirani proteini). Mehanizam kojim vremenski i prostorno ćelija kontroliše nastajanje, orijentaciju, stabilnost i nestajanje raznih grupa mikrotubula je u najvećoj meri ostao nerazjašnjen. Eksperimenti in vitro kojima se ispituje polimerizacija mikrotubularnih proteina (podjedinica) u mikrotu-

bule su do sada dali najviše rezultata u proučavanju ovog problema.

Ćelije u mitozu su osetljivije na jonizujuće zračenje nego u drugim fazama ćelijskog ciklusa (1). Jedan od osnovnih problema je nalaženje ćelijskih struktura koje su najosetljivije na radijaciona oštećenja. Mnoga istraživanja koja su se bavila tim problemom bila su usmerena na ispitivanje sinteze DNK, RNK i tubulina posle ozračivanja (2,3). Međutim, nije primećena promena sinteze nukleinskih kiselina ili tubulina kojom bi se na zadovoljavajući način objasnilo mitotsko kašnjenje izazvano zračenjem. Drugi mogući uzrok ovog kašnjenja je direktno oštećenje mikrotubula ili pak oštećenje slobodnih podjedinica (odnosno pomeranje dinamičke ravnoteže između mikrotubula i njihovih podjedinica koje rezultuje u razgradnji mikrotubula). Proučavanje uticaja jonizujućeg zračenja na nastajanje mikrotubula in vitro služi kao model pomoću kojeg se procenjuje udeo mikrotubularnog sistema u ukupnom odgovoru ćelija u mitozu na zračenje. Svi autori se slažu da se polimerizaciona sposobnost mikrotubularnih proteina smanjuje ozračivanjem i da efekat raste sa porastom doze (4,5,6,7). Međutim, postoje suprotna mišljenja o tome da li je oštećenje podjedinica veće kad su one slobodne ili kad se nalaze u sastavu mikrotubula (4,5,6,7).

Cilj ovoga rada je da ispita delovanje jonizujućeg zračenja visokih doza (o čijem dejstvu nema podataka) na in-taktne mikrotubule kao i na polimerizacionu sposobnost mikrotubularnih proteina.

MATERIJALI I METODE

Mikrotubularni protein je ekstrahovan iz mozga tele-
ta po metodi Shelanskog i sar. (8). Polimerizacioni pufer se sastojao od 1 M Mes (2-N-(morfolino)etansulfonske kiseline), 1 mM EGTA (etilenglicerolbis(2-aminoetiletar)tetrasirćetne kiseline), 1 mM GTP (gvanozin 5'-trifosfat) i 1 mM 2-merka-

ptoetanola, pH 6.6. Koncentracija proteina je određena po Lowryu (9).

Polimerizacija je izazivana bržom promenom temperature uzorka od 0 na 28° C. Stepem polimerizacije je meren promenom turbiditeta na 350 nm spektrofotometrom tipa Varian 634.

Struktura mikrotubula je ispitivana elektronskim mikroskopom Philips 300, na 80 kV. Kapi suspenzije mikrotubula su nanošene na mrežice presvučene formvarom i ugljenikom i negativno kontrastirane 2% uranilacetatom.

Uzorci u ravnoteži sa vazduhom su izlagani gama zracima iz izvora ⁶⁰Co pri brzini doze od 3.67 Gy/s. Za vreme ozračivanja temperatura uzoraka je održavana konstantnom.

REZULTATI I DISKUSIJA

Elektronskim mikroskopom je ispitivan efekat zračenja na formiranje i strukturu mikrotubula. Poredjene su mikrotubule nastale od neozračenih podjedinica i podjedinica izlaganih zračenju od 400 do 5000 Gy. U opsegu od 400 do 1000 Gy zapaža se da se sa porastom doze formira sve manje mikrotubula, da su one kraće i uniformnih dužina u odnosu na kontrolne, a da su produkti parcijalne denaturacije (10) sve izraženiji. To je ilustrovano na Sl. 1 i 2. Ovaj efekat je izraženiji za manje koncentracije proteina. Na primer, kad su podjedinice bile ozračene dozom od 1000 Gy pri koncentraciji od 0.3 mg/ml posle inkubacije na 28° C nije primećena ni jedna mikrotubula, dok ih je bilo (iako vrlo malo) u uzorcima koncentracija većih od 1 mg/ml. Doze veće od 1000 Gy su potpuno sprečile polimerizaciju podjedinica u mikrotubule.

Intaktne mikrotubule izlagane gama zracima doza od 400 do 5000 Gy, a u jednom eksperimentu i od 10000 Gy, su takodje ispitivane elektronskim mikroskopom. Za doze do 5000 Gy razlika u odnosu na kontrolne je vrlo mala. Jedino se češće javljaju "izuvijane" i "isprekidane" mikrotubule (Sl. 3 i 4) kao i produkti parcijalne denaturacije. Čak i pri dozi od 10000 Gy primećen je veći broj nerazorenih mikrotubula, iako su one vr-

lo kratke a produkti parcijalne denaturacije veoma izraženi.

Da bismo ispitali kako zračenje deluje na sposobnost za polimerizaciju podjedinica u sastavu mikrotubula izvršili smo sledeći eksperiment. Uzorak (koncentracije 1 mg/ml) smo polimerizovali na 28° C i pratili promenu turbiditeta (Sl.5). Zatim smo taj uzorak podelili u dva dela. Jedan deo smo ozračili sa 5000 Gy, dok je drugi ostao neozračen. Ispitivanje elektronskim mikroskopom je pokazalo da je ozračivanje imalo vrlo malo uticaja na strukturu mikrotubula. Potom smo i ozračeni i neozračeni uzorak držali na 0° C 30 minuta (čime je depolimerizacija bila kompletna). Izvršili smo repolimerizaciju i kontrolnog i ozračenog uzorka (Sl. 5). Neozračeni uzorak je repolimerizovao u istoj meri kao u prvoj polimerizaciji, dok je ozračeni uzorak repolimerizovao samo oko 12% u odnosu na kontrolni. Posmatranja elektronskim mikroskopom su pokazala da drugom polimerizacijom ozračenog uzorka nisu formirane mikrotubule, već nespecifični agregati.

Naši rezultati pokazuju da ozračivanje izaziva smanjenje i gubitak polimerizacione sposobnosti mikrotubularnih proteina (podjedinica) bez obzira na konformaciono stanje. Medjutim, naša ispitivanja su takodje pokazala da je otpornost formiranih mikrotubula na dejstvo zračenja izuzetno velika ako se kao oštećenje posmatra lomljenje i depolimerizacija. Dok doze od oko 1000 Gy sasvim uništavaju polimerizacionu sposobnost, doza od 5000 Gy ne utiče bitno na intaktne mikrotubule. Polimerizaciona sposobnost opada sa porastom doza i taj efekat je izraženiji na manjim koncentracijama. Na osnovu toga pretpostavljamo da kada se intaktne mikrotubule izlože jonizujućem zračenju veze između podjedinica ostaju neizmenjene iako su neke grupe unutar podjedinica pretrpele promenu (verovatno su sulfhidrilne grupe oksidisane (5,6)). Medjutim kada se ozračene mikrotubule depolimerizuju inicijalna promena vodi u konformaciono stanje u kojem nije moguća (ponovna) polimerizacija.

ZAHVALNOST Ispitivanja elektronskim mikroskopom su vršena u Univerzitetškoj laboratoriji za elektronsku mikroskopiju Univerziteta u Beogradu, osračivanje uzoraka u Laboratoriji za fiziku čvrstog stanja i radijacionu hemiju Instituta "Boris Kidrič" u Vinči na čemu im zahvaljujemo.

SUMMARY The effect of gamma radiation on intact microtubules and microtubular protein in unassembled state was investigated by electron microscopy and spectrophotometrically. Irradiation of microtubular protein with doses less than 1000 Gy results in a reduction and with doses higher than 1000 Gy in a complete loss in its ability to polymerize. However, intact microtubules show a high resistance to breakage and depolymerization caused by irradiation with doses up to 5000 Gy.

LITERATURA

1. W. K. Sinclair, *Radiat. Res.*, 33, 620 (1968).
2. S. P. Tomasovic i W. C. Dewey, *Radiat. Res.*, 74, 112 (1978).
3. B. J. Noland, R. A. Walters, R. A. Tobey, J. M. Hardin i G. R. Sheperd, *Exp. Cell Res.*, 85, 234 (1974).
4. T. G. Zaremba i R. D. Irwin, *Radiat. Res.*, 71, 300 (1977).
5. R. A. Coss, J. R. Bamberg i W. C. Dewey, *Radiat. Res.*, 85, 99 (1981).
6. T. G. Zaremba i R. D. Irwin, *Biochemistry*, 20, 1323 (1981)
7. V. Gal i D. Trajković, uskoro u štampi.
8. M. L. Shelanski, F. Gaskin i C. R. Cantor, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 70, 765 (1978).
9. H. Q. Lowry, J. N. Rosebrough, L. A. Farr i J. R. Randall, *J. Biol. Chem.*, 193, 265 (1951).
10. V. Gal i D. Trajković, *Periodicum biologorum*, 84 (1983).



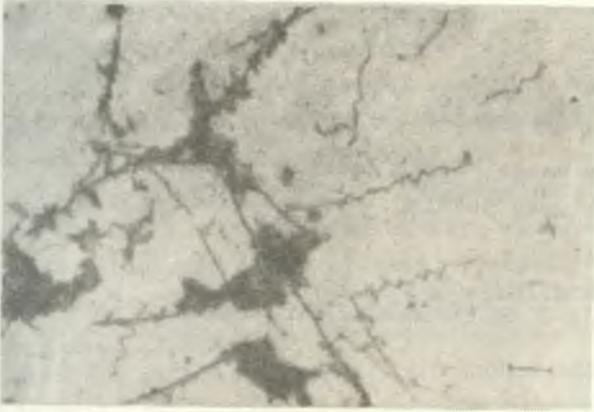
Slika 1. Mikrotubule iz kontrolnog uzorka. Duž označava 1 μ m.



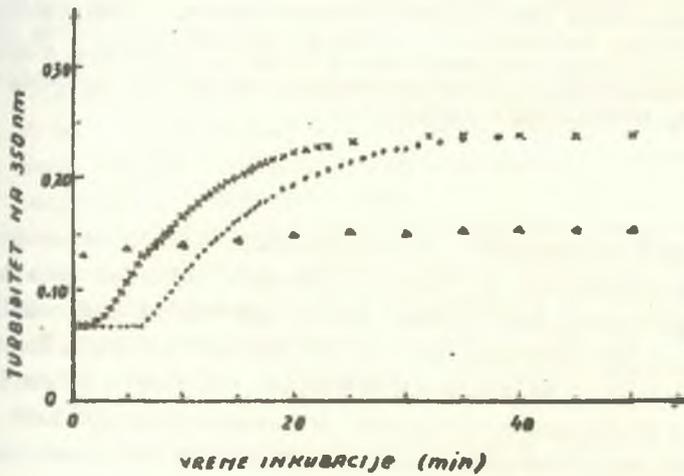
Slika 2. Mikrotubule formirane od podjedinica ozračenih sa 800 Gy. Duž 1 μ m.



Slika 3. Mikrotubule ozračene sa 5000 Gy. Jasno se vide "isprekidane" mikrotubule. Duž označava 1 μ m.



Slika 4. Mikrotubule ozračene sa 5000 Gy. Ovo područje elektronskog mikrografa je okarakterisano većim brojem "izuvijanih" mikrotubula i produktima denaturacije. Duž 1 μ m.



Slika 5. Krive polimerizacije. Prva polimerizacija neozračenog uzorka (● ● ●), druga polimerizacija neozračenog uzorka (x x), druga polimerizacija ozračenih mikrotubula (△ △).

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Katarina Milivojević i Dragoslav Stojanović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

Laboratorija za medicinsku zaštitu

EFEKAT DEKONTAMINACIJE NA PREVENCIJU
OZRAČIVANJA U EKSPERIMENTALNIM USLOVIMA

REZIME Istraživanja su obuhvatala procenu stepena prodiranja radiostroncijuma, radiojoda i radiocezijuma u uslovima kontaminacije normalne kože i ekscizione kožne rane. Procena efekta primenjene dekontaminacije kože i radiomiksta vršena je na osnovu ukupne količine prodrlog radionuklida i zaostale radioaktivnosti u dekontaminiranim lokacijama. Efikasnost dekontaminacije ispoljava najveću zavisnost od vremena trajanja kontaminacije i vrste kontaminanta. Kod kontaminacije radiomiksta dominantan je značaj telesnog sadržaja prodrlog radiokontaminanta. Na osnovu različitog stepena prodiranja ispitanih radionuklida u radu se diskutuje o efektu primenjenih dekontaminacionih postupaka i sredstava na smanjenje lokalnog i opšteg ozračivanja organizma.

UVOD

Ispitivanja efikasnosti dekontaminacije kože i kožne povrede vršena su u zavisnosti od vremena trajanja kontakta radiokontaminanta sa ispitivanim barijerama, hemijskog oblika radionuklida, nivoa aktivnosti i pH rastvora, načina delovanja izabranih materija za dekontaminaciju i primenjenih tretmana. Cilj rada je definisanje odredjenih postupaka i sredstava za dekontaminaciju kože i radiomiksta neposredno kontaminiranih pojedinačnim radionuklidima, a radi minimiziranja lokalnog i opšteg ozračivanja organizma.

METODOLOGIJA RADA

Ogledne životinje: Ogledi su izvodjeni na belim pacovima, mužjacima, telesne težine oko 200 g., iz zapata Farme laboratorijskih životinja Instituta "Boris Kidrič" - Vinča. Životinje su u toku oglada bile pod uretanskom narkozom. Svaka ogledna grupa bro-

jala je po 15 životinja.

Uslovi kontaminacije: Kontaminacija je izvodjena nanošenjem 100 lamda na obeleženu površinu kože od 5 cm² ili 50 lamda na povredu kože kružnog oblika, prečnika 0,5 cm, rastvora ⁸⁵SrCl₂, NaJ¹³¹ ili ¹³⁷CsCl. Radioaktivnost nanete količine iznosila je 1,85 MBq. Vrednost pH rastvora za radiostroncijum i radiocezijum iznosila je 5,5-6,0, a za radiojod 7,0.

Dekontaminacioni tretman: Dekontaminacija kože je vršena lokalnom obradom, a tretman radiomiksta bazirao se na akciji ispiranja uz korišćenje vakum sistema. Tretman sa svim obradama trajao je za svaku životinju oko 5 minuta.

Tehnika merenja: Količina prodrlog radionuklida u organizmu i zaostala radioaktivnost u dekontaminiranim lokacijama merene su na adaptiranom brojačkom uređjaju za detekciju ukupne telesne radioaktivnosti kod malih oglednih životinja. Detektor ovog beta-gama scintilacionog uređjaja je kristal NaJ od 2 inča.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na tabelama 1 i 2 dat je prikaz efekta dekontaminacije kože i tretmana ekscizione kožne rane kontaminirane pojedinačnim radionuklidima neposredno po ranjavanju. Dobijeni rezultati omogućavaju sledeće konstatacije:

1. Telesni sadržaj prodrlih radionuklida preko kože i rane zavisi od vrste kontaminanta, vremena trajanja kontaminacije, odnosno vremena izvodjenja dekontaminacije i vrste sredstava primenjenih za dekontaminaciju.
2. Kod kontaminacije normalne kože nivo telesnog sadržaja, u svim ispitanim uslovima kontaminacije i dekontaminacije, ne prelazi 2%. Najdekontaminabilniji radionuklid je radiocezijum za koji efikasnost dekontaminacije iznosi i 99%, dok se radiostroncijum najteže uklanja, a postignuta efikasnost dekontaminacije dostiže 90%.
3. U uslovima kontaminacije radiomiksta analiza pokazuje:
 - a) Pri izvodjenju dekontaminacije radiostroncijuma nakon 10 minuta efikasnost se kreće od 50-70%, a nakon 30 minuta je ispod 30% od početne radiokativnosti. Kod kasnije izvedene dekontaminacije na ukupni efekat u prvom redu utiče telesni sadržaj, ma da je zaostala radioaktivnost relativno visoka i ne razlikuje se bitno od vrednosti kod rano izvedene dekontaminacije. Najveći efekat dekontaminacije postignut je Cetavlonom.

TAB br. 1. Efekat dekontaminacije kože kontaminirane radionuklidima (u % nanete radioaktivnosti)

Radio-nuklid	t (min)	Materija za dekontaminaciju	R a d i o a k t i v n o s t		Efikasnost dekontaminacije
			u telu	u koži	
			M ± SD	M ± SD	M ± SD
⁸⁵ Sr	10	Nedekontaminirani	0,02 ± 0,01	-	-
		Voda	0,08 ± 0,04	41,55 ± 9,52	58,37 ± 9,52
		Sapunica	0,05 ± 0,03	15,05 ± 2,82	84,90 ± 2,82
	30	Nedekontaminirani	0,10 ± 0,05	-	-
		Voda	0,17 ± 0,10	53,63 ± 7,20	46,20 ± 7,20
		Sapunica	0,06 ± 0,04	20,68 ± 4,35	79,26 ± 4,35
¹³¹ I	10	Nedekontaminirani	0,06 ± 0,05	-	-
		Voda	1,30 ± 1,08	23,50 ± 5,09	75,20 ± 5,09
		Sapunica	0,93 ± 0,51	6,31 ± 1,89	92,76 ± 1,89
	30	Nedekontaminirani	0,29 ± 0,13	-	-
		Voda	1,77 ± 0,63	51,40 ± 15,37	46,83 ± 15,37
		Sapunica	0,64 ± 0,30	10,63 ± 2,70	88,73 ± 2,70
¹³⁷ Cs	10	Nedekontaminirani	0,10 ± 0,07	-	-
		Voda	0,08 ± 0,04	3,15 ± 0,63	96,77 ± 0,63
		Sapunica	0,15 ± 0,06	0,93 ± 0,32	98,92 ± 0,32
	30	Nedekontaminirani	0,90 ± 0,35	-	-
		Voda	0,82 ± 0,38	12,05 ± 5,12	87,13 ± 5,12
		Sapunica	0,40 ± 0,23	1,08 ± 0,33	98,52 ± 0,33

M ± SD = srednja vrednost i standardna devijacija.

TAB br. 2. Efekat dekontaminacije ekscizione kožne rane kontaminirane radionuklidima
(u % nanete radioaktivnosti)

Radio- nuklid	t (min)	Materija za dekontaminaciju	R a d i o a k t i v n o s t		Efikasnost dekontaminacije	
			u telu M \pm SD	u rani M \pm SD		
^{85}Sr	10	Nedekontaminirani	21,60	+ 6,09	-	
		0,9% rastvor NaCl	16,67	+ 4,04	24,94	+ 9,06
		1% Cetavlon	16,79	+ 6,71	15,96	+ 9,06
	30	Nedekontaminirani	62,18	+ 8,71	-	
		0,9% rastvor NaCl	58,78	+ 8,19	25,01	+ 6,40
		1% Cetavlon	57,88	+10,40	15,21	+ 9,55
^{131}J	10	Nedekontaminirani	28,40	+ 7,42	-	
		0,9% rastvor NaCl	40,82	+11,14	14,13	+ 3,71
		0,5% Tinctura Jodi	26,92	+ 6,35	14,92	+ 3,68
	30	Nedekontaminirani	74,92	+10,15	-	
		0,9% rastvor NaCl	82,86	+ 3,87	11,00	+ 1,91
		0,5% Tinctura Jodi	74,80	+ 4,82	8,81	+ 1,89
^{137}Cs	10	Nedekontaminirani	39,87	+ 9,09	-	
		0,9% rastvor NaCl	55,91	+ 7,17	5,49	+ 1,19
		Feriferocijanid	60,73	+15,07	4,13	+ 1,14
	30	Nedekontaminirani	66,81	+ 8,42	-	
		0,9% rastvor NaCl	86,08	+ 2,77	7,76	+ 2,08
		Feriferocijanid	83,02	+ 4,21	6,41	+ 2,02

M \pm SD = srednja vrednost i standardna devijacija.

b) Efikasnost dekontaminacije radiojoda uslovljena je u većoj meri telesnim sadržajem prodrlog joda, koji kod dekontaminacije izvedene nakon 30 minuta prelazi 80% od početnog nivoa kontaminacije. Pri izvodjenju dekontaminacije nakon 10 minuta efikasnost se kreće od 35-60%, a nakon 30 minuta iznosi do 16%. Najveća efikasnost dekontaminacije postignuta je pri korišćenju 0,5% rastvora jodne tinkture.

c) Na efekat dekontaminacije radiocezijuma utiče u prvom redu ukupni telesni sadržaj prodrlog radionuklida. Pri izvodjenju dekontaminacije nakon 10 minuta efikasnost se kreće ispod 40%, a kasnije izvedena dekontaminacija uklanja maksimalno oko 10% kontaminanta. Nisu zapažene značajne razlike u pogledu efekta pojedinih korišćenih materija za dekontaminaciju.

Kvantifikacija nivoa zaostale radioaktivnosti i telesnog sadržaja prodrlih radionuklida preko različitih barijera omogućava izračunavanje apsorbovanih doza lokalno i u celom organizmu primenom odgovarajućih matematičkih modela (1,2,3,4).

ZAKLJUČCI

U uslovima kontaminacije kože i ekscizione kožne rane radiostroncijumom, radiojodom ili radiocezijumom, prodrle količine radionuklida u organizam zavise od vrste kontaminanta, vremena trajanja kontaminacije, odnosno vremena izvodjenja dekontaminacije i vrste primenjenih sredstava za dekontaminaciju.

Kod kontaminacije normalne kože, telesni sadržaj prodrlih kontaminanata ne prelazi 2%. Efikasnost dekontaminacije za najdekontaminabilniji kontaminant radiocezijum iznosi 99%. Najveća kontaminabilnost zapažena je za radiostroncijum, čija efikasnost dekontaminacije ne prelazi 90%.

Efikasnost dekontaminacije ekscizione kožne rane ispoljava najveću zavisnost od vremena trajanja kontaminacije. U uslovima kontaminacije rane radiostroncijumom efikasnost dekontaminacije se kreće do 70%, radiojodom do 60%, a radiocezijumom ne prelazi 40% od početnog nivoa kontaminacije. Kod kontaminacije rane dominira u većoj ili manjoj meri značaj telesnog sadržaja prodrlog kontaminanta, iz čega proizilazi problem tretmana unutrašnje kontaminacije.

x x x

Tehnički saradnik u radu je Radosav Sapundžić.

A b s t r a c t

EFFECT OF DECONTAMINATION TREATMENT ON THE PREVENTION OF IRRADIATION IN EXPERIMENTAL CONDITIONS. These investigations concern the penetration of Sr-85, J-131 and Cs-137 through normal skin and excised skin wound under the influence of some physical and chemical factors which could determine permeability variations. In the study of internal contamination induced percutaneous way and through excised wound, the influence of cleansing procedures and means for decontamination on the absorption and prevention of locally and total irradiation were observed. Efficiency of decontamination treatment has been evaluated on the basis of penetrated quantities of radionuclides and residual radioactivity in the decontaminated regions. The results obtained show that the absorption through normal skin was to 2%, the efficiency of decontamination was to 99%. The highest decontamination efficiency of the excised skin wound was obtained when about 70% of radiostrontium was removed in early performed decontamination i.e. after 10 minutes. For wound contaminated by radioiodine, efficiency of decontamination after 10 minutes was 35-60%, but for radiocesium about 40%.

LITERATURA

1. Buldakov L.A., Moskalev Y.I., Problemi raspredelenia i eksperimentalnoj ocenki dopustimih urovnej Cs-137, Sr-90 i Ru-106, str. 23, Atomizdat, Moskva, 1968.
2. Moskalev, Y.I., Radiobiologičeskij eksperiment i čelovek, str. 155, Atomizdat, Moskva, 1970.
3. Milivojević K., Stojanović D., and col. Proc. IV International Congress IRPA, Vol.4, p.1223, Paris, 1977.
4. Milivojević K., Stojanović D., i Marković P., Zbornik radova XI imp. JDZZ, s.397, Portorož, 1981.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

B. Kargačin i K. Kostial

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

PRIMJENA KOMBINIRANE TERAPIJE KOD INTERNE KONTAMINACIJE
MJEŠAVINOM FISIJSKIH PRODUKATA: 1. RADIOAKTIVNI STRONCIJ

U radu je ispitan utjecaj "mješavine" kalcijeva alginata, feriferocijanida i kalijeva jodida (antidota za radioaktivni stroncij, cezij i jod) primijenjene u hrani i/ili $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ danog intraperitonealno (antidota za transuranske elemente) na retenciju radiostroncija. Kombinirana terapija ("mješavina" + $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$) smanjila je retenciju oralno primijenjenog ^{85}Sr u istoj mjeri kao i sama "mješavina" (pet puta). To ukazuje da helatogeni agens $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ ne utječe na specifično djelovanje alginata u smanjenju apsorpcije radiostroncija.

UVOD

Rezultati naših ranijih istraživanja pokazali su da je istovremena primjena "mješavine" terapijskih sredstava (kalcijeva alginata, feriferocijanida i kalijeva jodida) visoko efikasna u smanjenju retencije triju biološki najopasnijih radionuklida (radioaktivnog stroncija, cezija i joda) te neškodljiva za zdravlje u slučaju dugotrajne primjene (1). Kako je u uvjetima povišene izloženosti radionuklidima u okolini najvjerojatnija mogućnost nastanka interne kontaminacije ona koja uključuje više radionuklida (mješavinu fizijskih produkata ali i transuranske elemente) bilo bi poželjno imati metodu kojom bi se istovremeno mogla smanjiti retencija svih biološki opasnih radionuklida. Takva bi se metoda morala nužno sastojati od primjene različitih terapijskih sredstava. Kako u slučaju interne kontaminacije radionuklidima s atomskim brojem većim od 92 postoji jedno sredstvo izbora - helatogeni agens $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ (2), istovremena primjena "mješa-

vine" i $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ predstavljala bi terapijsku metodu za sniženje tjelesne retencije gotovo svih radionuklida. Opasnost je međutim da se pri primjeni mješavine antidota efikasnost svakog pojedinog sredstva može promijeniti zbog međusobne interakcije. Svrha je ovog rada bila ispitati da li primjena $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ utječe na efikasnost alginata u "mješavini" u smanjenju apsorpcije radiostroncija.

MATERIJAL I METODE

Pokus je izveden na ženkama štakora starosti 7 tjedana, prosječne težine 136 g. Životinje su bile podijeljene u četiri grupe: prva grupa (Kontrolna) primala je standardnu štakorsku hranu i intraperitonealno fiziološku otopinu; druga (Mješavina) "mješavinu" kalcijeva alginata (15 g), feriferocijanida (2.5 g) i kalijeva jodida (0.015 g u 100 g hrane) u hrani te fiziološku otopinu i.p.; treća (DTPA) standardnu štakorsku hranu i $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ i.p.; četvrta (Mješavina + DTPA) "mješavinu" u hrani i $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ i.p. Radioaktivni stroncij primijenjen je drugog dana pokusa i to na jednoj polovici životinja iz svake grupe oralno (74 kBq ^{85}Sr putem želučane sonde u 1 ml destilirane vode) a na drugoj intraperitonealno (37 kBq ^{85}Sr putem intraperitonealne injekcije u 0.5 ml destilirane vode). Mješavina je primijenjena u hrani prvog, drugog i trećeg dana pokusa tj. jedan dan prije i dva dana nakon primjene radioizotopa. Helatogeni agens - $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ (380 $\mu\text{mol/kg}$ tjelesne težine) primijenjen je 3 puta - drugog dana pokusa (neposredno nakon primjene ^{85}Sr) te trećeg i četvrtog dana. Životinje su žrtvovane 6 dana nakon primjene izotopa te je određena radioaktivnost u cijelom tijelu i karkasu (tijelo bez probavila) a potom su odstranjeni jetra, bubreg i femur te određena njihova radioaktivnost. Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina sa standardnom pogreškom te kao omjer kontrolne prema eksperimentalnoj grupi.

REZULTATI I DISKUSIJA

Primjena "mješavine" značajno je smanjila retenciju oralno primijenjenog radiostroncija (5.5 puta) a praktički nije utjecala na retenciju ^{85}Sr danog intraperitonealno (Tablica 1).

Tablica 1. Retencija ^{85}Sr primijenjenog intraperitonealno ili oralno u životinja hranjenih standardnom štakorskom hranom ili uz dodatak mješavine te intraperitonealne primjene $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$

	Kontrola	DTPA	^{85}Sr (i.p.)		Mješavina	Mješavina+DTPA	
Broj život.	12	12			11		12
Cijelo tijelo	63.34±1.25	60.88±1.00 (1.04)			57.69±0.68 (1.10)		61.11±1.25 (1.04)
Karkas	64.41±1.50	61.93±0.91 (1.04)			57.99±0.84 (1.11)		61.88±1.20 (1.04)
Jetra	0.0099±0.0004	0.0080±0.0004 (1.24)			0.0080±0.0004 (1.24)		0.0103±0.0004 (0.96)
Bubreg	0.0040±0.0002	0.0036±0.0003 (1.11)			0.0033±0.0002 (1.21)		0.0037±0.0002 (1.08)
Femur	2.62±0.06	2.52±0.06 (1.04)			2.38±0.04 (1.10)		2.52±0.07 (1.04)
	*5.97±0.13	5.87±0.15 (1.02)			5.09±0.13 (1.17)		5.94±0.17 (1.01)
^{85}Sr (p.o.)							
Broj život.	12	11			12		12
Cijelo tijelo	14.34±0.99	12.91±1.25 (1.11)			2.66±0.31 (5.39)		3.34±0.43 (4.29)
Karkas	14.79±1.04	13.14±1.25 (1.13)			2.71±0.31 (5.46)		3.38±0.44 (4.38)
Jetra	0.0018±0.0002	0.0023±0.0002 (0.78)			-		-
Bubreg	0.0006±0.0001	0.0005±0.0001 (1.20)			-		-
Femur	0.58±0.04	0.54±0.06 (1.07)			0.10±0.01 (5.80)		0.13±0.02 (4.46)
	*1.26±0.11	1.10±0.11 (1.15)			0.22±0.03 (5.73)		0.28±0.04 (4.50)

Kontrola - standardna štakorska hrana i i.p. fiziološka otopina; DTPA - standardna štakorska hrana i $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ i.p. (380 $\mu\text{mol/kg}$ tjelesne težine); Mješavina - standardna štakorska hrana s dodatkom mješavine kalcijeva alginata 15 g, feriferocijanida 2.5 g i kalijeva jodida 0.015 g u 100 g hrane i i.p. fiziološka otopina; Mješavina+DTPA - dodatak mješavine u hrani i $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ i.p. Omjer između kontrolne i ostalih grupa dan je u zagradi. *Retencija izražena na 1 g težine femura. - Uzorci ispod granice detekcije.

Helatogeni agens nije imao gotovo nikakvog učinka na farmakokinetiku radiostroncija. Primjena kombinirane terapije ("mješavina" + $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$) smanjila je retenciju ^{85}Sr gotovo u jednakoj mjeri kao i sama "mješavina" (4.5 puta) što ukazuje na to da $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ ne sprečava specifično djelovanje alginata na apsorpciju stroncija.

Daljnijim ispitivanjima potrebno je međutim ustanoviti da li je promijenjena efikasnost ostalih antidota. Budući da istovremena primjena antidota povisuje efikasnost samog tretmana skraćujući period između interne kontaminacije i pružanja terapije (3,4,5,6) a ujedno omogućuje primjenu takve terapije i u slučaju kada je detekcija radionuklida teška ili nemoguća takva metoda predstavljala bi terapiju izbora u slučaju interne kontaminacije s više radionuklida.

SUMMARY

We investigated the influence of the "mixture" of calcium alginate, ferrihexacyanoferrate(II) and potassium iodide (antidotes for radioactive strontium, caesium and iodine) administered in food and/or $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ applied intraperitoneally (antidote for transuranic elements) on the retention of radioactive strontium. Composite treatment ("mixture" + $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$) reduced the retention of orally administered ^{85}Sr to the same extent as "mixture" given alone (5 times). This indicates that chelating agent $\text{Na}_3(\text{CaDTPA})$ had no effect on the specific action of alginate from the "mixture" in reducing radiostrontium absorption.

Reference

1. Kostial, K., Kargačin, K., Rabar, I., Blanuša, M., Maljković, T., Matković, V., Ciganović, M., Šimonović, I., Bunarević, A., *Sci. Total. Environ.* 22, 1, 1981.
2. Catsch, A., Harmuth-Hoene, A.-E., *The chelation of heavy metals*, str. 171, 1979, Pergamon Press, New York.
3. Paul, T.M., Waldron-Edward, D., Skoryna, S.C., *Canad. Med. Ass. J.* 91, 553, 1964.
4. Nigrović, V., *Phys. Med. Biol.* 10, 81, 1965.
5. Ramsden, D., Passant, F.H., Peabody, C.O., Speight, R.G., *Health Phys.* 13, 633, 1967.
6. Taylor, D.M., Volf, V., *Health Phys.* 38, 147, 1980.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983.

Nevenka Gruden

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UTJECAJ RAZLIČITIH DIJETA NA TRANSPORT

⁸⁵Sr KROZ TANKO CRIJEVO ŠTAKORA

REZIME

Ispitivan je utjecaj mliječne dijeta sa dodatkom laktoze i/ili željeza na transport stroncija-85 kroz stijenku ileuma pet-tjednih štakora. Životinje su različite hrane primale tri dana, a četvrtog su dana dekapitirane. Transport radiostroncija promatran je, in vitro metodom, na 4 cm dugom, izvrnutom segmentu ileuma. U usporedbi sa standardnom štakorskom hranom (kontrola), ispitivane su dijeta povećale kretanje stroncija-85 s mukozna na seroznu stranu ileuma za 14 do 38 %.

UVOD

Poznato je da mliječna dijeta stimulira transport i apsorpciju nekih iona iz probavnog trakta (1-4). Ne zna se pouzdano koji je tome uzrok, ali se sadržaj laktoze i željeza u mlijeku može dovesti s tim u vezu. Ima, naime, podataka da laktoza povećava apsorpciju iona (5,6), a dodatak željeza mlijeku ukida njegov stimulativni efekt (2,3).

Imajući sve to na umu i poznavajući ulogu radioaktivnog stroncija u internoj kontaminaciji, željeli smo ispitati kako ishrana kravljim mlijekom kojem je dodana laktoza i/ili željezo utječe na transport stroncija kroz stijenku tankoga crijeva.

MATERIJAL I METODE

Pet tjedana stare ženke bijelog štakora podijeljene su u pet grupa prema dijeti koju su primale tokom tri dana: (1) standardna štakorska hrana i voda (kontrola), (2) kravljje mlijeko (KM), (3) KM + 15 % laktoze, (4) KM + 10.3 mg Fe (u obliku željeznog sulfata)/100 ml i (5) KM + 15 % laktoze + 10.3 mg Fe/100 ml mlijeka. Sve su dijete životinjama bile dostupne ad libitum. Četvrtog dana pokusa životinje su dekapitirane, a 4 cm dug segment ileuma izvrnut i obradjen po metodi "izvrnute crijevne vreće" (7). Svakoj se životinji izvadilo 8 cm ileuma, 20 cm proksimalno od cekuma, za obradu dvaju identičnih uzoraka. Izvrnuti i podvezani crijevni segmenti su inkubirani 45 minuta u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini kojoj je dodan radioaktivni stroncij (^{85}Sr - 370 KBq/100 ml otopine). Jednaka otopina, ali bez stroncija-85 nalazila se unutar podvezanog segmenta. Nakon inkubacije određena je aktivnost radiostroncija u nutarnjoj-seroznoj i vanjskoj-mukoznoj otopini, a rezultati su izraženi kao omjer tih aktivnosti (S/M).

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati prikazani na TAB br.1. pokazuju da već trodnevna zamjena standardne, krute štakorske hrane čistim kravljim mlijekom značajno povećava transport radiostroncija kroz crijevnu stijenku. Isto vrijedi i za mlijeko obogaćeno laktozom i/ili željezom. Dodatak 15 % laktoze nije značajno promjenio već prisutan efekt mlijeka. To donekle iznenadjuje jer su drugi autori našli da tri puta niža koncentracija laktoze povećava permeabilitet apsorptivnih stanica crijeva (za kalcij, doduše) za više od 60 % (8).

TAB br.1.

Utjecaj različitih dijeta na transport stroncija-85-
kroz stijenku tankoga crijeva

Dijeta	SH (kontrola)	KM	KM+L	KM+Fe	KM+L+Fe
S/M*	0.21 ^a	0.24 ^{bc}	0.25 ^{ab}	0.26 ^b	0.29 ^{bd}
± SP	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02

* Srednje vrijednosti omjera aktivnosti serozne i mukozne otopine na kraju inkubacije sa odgovarajućim standardnim pogreškama U svakoj je grupi bilo 20 uzoraka.

SH=standardna hrana; KM=kravlje mlijeko; L=15 % laktoze; Fe=10.3 mg/100 ml

Vrijednosti označene različitim slovima međusobno se značajno razlikuju ($P < 0.05$)

Neočekivan stimulativni efekt željeza na transfer stroncija teško je objasniti. Prema tom se rezultatu odnos željeza i stroncija razlikuje od odnosa željeza i drugih iona (2,9,10). Transport stroncija-85 najintenzivniji je kad se mlijeku dodalo laktozu i željezo, kao da se njihovi pojedinačni efekti sumiraju. Prema Schedlu (11) laktoza stimulira apsorpciju željeza i stroncija, a prema našem rezultatu (TAB br.1.) željezo, naročito u prisutnosti laktoze, ne interferira sa transportom stroncija.

Činjenica da pretretiranje životinja in vivo djeluje "sa zadržkom" na in vitro rezultate ukazuje na trajnije (histobiokemijske ?) promjene crijevne mukoze izazvane dijetnim faktorima. Ovi rezultati, iako se ne mogu bez rezerve primjeniti na cijeli organizam, ukazuju na potreban oprez kod obogaćivanja mlijeka željezom.

ABSTRACT

The effect of milk diet with lactose and/or iron on strontium-85 transfer through the ileal wall was studied. Five-week-old white, female rats were fed different diets for three days. On the fourth day they were decapitated and radiostrontium transfer was analysed on a 4 cm long everted ileal segment. Comparison with the control animals fed standard laboratory food shows that all experimental diets enhanced the transfer of strontium-85 from the mucosal to the serosal side from 14 to 38 per cent.

Ovaj je istraživački program financirala Republička zajednica za znanstveni rad S.R.Hrvatske.

Zahvaljujem Mirki Buben na tehničkoj pomoći.

LITERATURA

1. Lengemann, F.W., Comar, C.L., Wasserman, R.H., *J. Nutrition*, 61, 571, 1957.
2. Gruden, N., *Nutr. Rep. Intern.*, 14, 515, 1976.
3. Kello, D., Kostial, K., *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 40, 277, 1977.
4. Gruden, N., *Nutr. Rep. Intern.*, 19, 69, 1979.
5. Ali, R., Evans, J.L., *J. Agric. Univers. Puerto Rico*, 57, 149, 1973.
6. Anonymous, *Nutr. Rev.*, 40, 116, 1982.
7. Wilson, T.H., Wiseman, G., *J. Physiol.*, 123, 116, 1954.
8. Armbrecht, H.J., Wasserman, R.H., *J. Nutrition*, 106, 1265, 1976.
9. Pollack, S., Georg, J.N., Reba, R.C., Kaufman, R.M., Crosby, W.H., *J. Clin. Investig.*, 44, 1470, 1965.
10. Thompson, H.J., Evans, J.L., *Nutr. Rep. Intern.*, 15, 279, 1977.
11. Schedl, H.P., *Environ. Health Protection*, 20, 39, 1977.

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Berislav Momčilović

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, M. Pijade 158
ZagrebUTJECAJ CELULOZE, LIGNINA I AKTIVNOG UGLJENA NA APSORPCIJU
RADIOAKTIVNOG STRONCIJA U NEONATALNOJ DOBI

SAŽETAK Šest dnevni mladunci bijelog štakora hranjeni su pasteuriziranim kravljim mlijekom sa niskim sadržajem proteina i masti kojem su dodani pojedinačno ili u kombinaciji celuloza, lignin i aktivni ugljen tako da ukupno dodana količina krutih tvari nije prelazila 6%. U cjelini je retencija radioaktivnog stroncija u tijelu životinja bila neznatno snižena na dijetama koje su sadržavale lignin i/ili aktivni ugljen u odnosu na dijetu koje sadrže celulozu čije čestice imaju veći promjer.

UVOD

Poznata je visoka radiotoksičnost stroncija za mlade organizme (1). Kombinacija kalcija, fosfata i alginata pokazala se je kao uspješno sredstvo za snižavanje apsorpcije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta neonatalnih životinja (2). Taj je učinak kalcija i fosfata poboljšao dodavanjem celuloznih vlakana (3). U ovome je radu ispitan utjecaj celuloznih vlakana, lignina kao još jednog predstavnika neprobavljivih vlakana (4) i aktivnog ugljena na apsorpciju radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta neonatalnih životinja.

MATERIJAL I METODE

Pokus je izveden na 80 šest dana starih mladunaca bijelog štakora koji su metodom slučajnog izbora podijeljeni u osam eksperimentalnih skupina (5). (A) Komercijalno pasteurizovano kravlje mlijeko sa smanjenim sadržajem proteina i masti (Dukat, Zag-

reb), (B) Mlijeko + 6% celuloze (Teklad Mills, Madison, USA), (C) Mlijeko + 6% lignina (FDA, Washington DC, USA), (D) Mlijeko + 6% aktivnog ugljena (Sigma, St. Louis, USA), (E) Mlijeko + 3% celuloze + 3% lignina, (F) Mlijeko + 3% celuloze + 3% aktivnog ugljena, (G) Mlijeko + 3% lignina + 3% aktivnog ugljena i (H) Mlijeko + 2% celuloze + 2% lignina + 2% aktivnog ugljena. Standardna kruta eksperimentalna hrana sadrži oko 6% neprobavljivih vlakana (6). Mikroskopskim ispitivanjem uzoraka ustanovljeno je da promjer čestica površine iznosi (μm) 7.5, 8.3 i 26.3 za aktivni ugljen, lignin i celulozna vlakna (7). Radioaktivnost ^{85}Sr u cijelome tijelu i femuru određena je šest dana nakon što su životinje umjetno hranjene 0,45 ml odgovarajuće dijetete označene sa $3,7 \cdot 10^4 \text{ Bq } ^{85}\text{Sr}$ tijekom šest sati (8) u jedнокanalnom scintilacijskom brojaču NaJ (Tl) (Nuclear Chicago, USA (9)). Izotop je bio u obliku bez nosača (Radiochemical Centre, Amersham, England). Rezultati su izraženi u postotku primjene doze kao aritmetička sredina sa standardnim devijacijom. Podaci su simultano razvrstani s obzirom na opći učinak celuloze, lignina i aktivnog ugljena a značajnost razlika ispitana je F-testom (10).

REZULTATI I DISKUSIJA

Retencija radioaktivnog stroncija u tijelima mladih životinja iznosila je za dijetetu (A) 75.8 ± 6.0 , (B) 78.3 ± 5.1 , (C) 75.8 ± 5.7 , (D) 74.9 ± 6.1 , (E) 72.6 ± 4.0 , (F) 77.1 ± 6.0 , (G) 75.1 ± 6.4 i (H) 77.3 ± 3.9 a u femuru ($\%$ doze/ $\bar{X}_{10} \pm \text{SD}$) (A) 24.1 ± 3.6 , (B) 24.2 ± 3.1 , (C) 22.6 ± 1.9 , (D) 23.0 ± 3.5 , (E) 23.7 ± 4.0 , (F) 25.6 ± 4.4 , (G) 23.3 ± 4.0 i (H) 22.5 ± 3.3 . Jedino su dijetete A, C, D i G. koje sadrže lignin i aktivni ugljen a bez celuloze neznatno smanjile retenciju ^{85}Sr u cijelome tijelu mladih životinja u odnosu na dijetete V, E, F i H koje sadrže celulozu (≈ 0.20).

Rezultati ukazuju na značaj veličine čestice u odnosu na apsorpciju ^{85}Sr iz probavnog trakta a timr i njihovu adsorptivnu površinu što je u skladu s do sada opisanim načinom djelovanja aktivnog ugljena (11) ali što nije bilo poznato za lignin. Izostao je učinak same celuloze - tvari slične alginatima (12) dijelom zbog relativno niske koncentracije od 6% a većim dijelom zbog nedostatka kalcija i fosfora koji sinergistički djeluju na smanjenje retencije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983.

Potpukovnik Doc.Dr sci.med. Aleksandar Milovanović
Dr.sci.hem. Milinka Čosić
Vojnotehnički institut, Beograd, Katanićeva 15

EFIKASNOST CISTAFOSA U ZAŠTITI ŽIVOTINJA OD GAMA ZRAČENJA

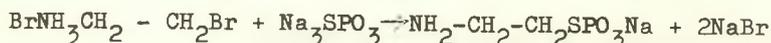
REZIME U našoj laboratoriji sintetizovan je radioprotektor natrijum hidrogen cisteamin-s-fosfat. Toksičnost preparata određena je u miševa i pacova. Efikasnost radioprotektora je ispitana u gore pomenutih životinja u zavisnosti od doze, načina aplikacije i vremenskog intervala između profilaktične primene i ozračenja.

UVOD Po efikasnosti u zaštiti od impulsnih ozračenja ističu se radioprotektori iz grupe tiofosfornih derivata cisteamina. Cistafos (WR-638) poseduje visoku efikasnost pri relativno niskoj toksičnosti, a zaštitni efekti se postižu kako pri parenteralnoj, tako i pri peroralnoj primeni preparata (1,2,3,4,5,6,7,8). Ovaj radioprotektor je, prema literaturnim podacima, efikasan u zaštiti od gama zraka i neutrona (9,10). Pored kompleksnih ispitivanja na laboratorijskim životinjama efikasnost cistafosa je proverena i u uslovima kliničkog eksperimenta (11). U cilju provere toksičnosti preparata i njegove efikasnosti u zaštiti od zračenja cistafos smo sintetizovali u našoj laboratoriji po postupku Akerfeldta (12).

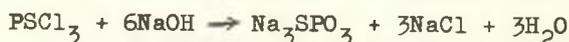
MATERIJAL I METODE

Sinteza radioprotektora

Cistafos je sintetizovan reakcijom trinatrijum fosfata sa 2-brom-etilamojum bromidom u prisustvu N,N-dimetilformamida kao katalizatora po šemi:



Intermedijerni trinatrijum tiofosfat je sintetizovan po postupku Yasuda i Lambert (13) reakcijom PSCl_3 sa vodenim rastvorom NaOH prema sledećoj reakciji:



Identifikacija i čistoća cistafosa i intermedijera trinatrijum tiofosfata je ustanovljena pomoću IC spektra i elementarnom analizom.

Biološki ogled

Eksperimenti su izvedeni na pacovima, mužjacima, soja Wistar, težine 220-250 g, i miševima, soja C57BL, mužjacima, mase 22-25 g. U toku trajanja eksperimenta životinje su hranu i vodu uzimale ad libitum.

Ozračenje životinja gama zracima ^{60}Co izvedeno je u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči. Brzina doze zračenja 2,9 Gy/min. Srednja smrtna doza za miševе iznosi 7.10 ± 0.20 Gy, a za pacove 7.96 ± 0.17 Gy. Za ispitivanje zaštitne sposobnosti cistafosa primenjene su doze od 8 Gy ($\text{LD}_{95/30}$) za miševе, odnosno 9 Gy ($\text{LD}_{90/30}$) za pacove.

Prethodno je odredjena akutna toksičnost radioprotektora u miševa i pacova u uslovima intraperitonealne, intramuskularne, subkutane i peroralne primene i to po metodi Millera i Taintera (14).

REZULTATI

Toksičnost cistafosa

Na tabeli 1. je pokazana akutna toksičnost cistafosa za miševе i pacove pri parenteralnoj i peroralnoj aplikaciji. Kod miševa je toksičnost cistafosa jednaka pri intramuskularnom i subkutanom davanju. Protektor je najmanje toksičan pri peroralnom unošenju. Kod pacova je ustanovljena skoro identična toksičnost preparata pri intraperitonealnoj i intramuskularnoj aplikaciji, dok je pri subkutanom primeni toksičnost cistafosa za oko 50% niža. Pri peroralnom davanju je cistafos za oko dva puta manje toksičan nego u slučaju intraperitonealne ili intramuskularne aplikacije.

TAB.1. AKUTNA TOKSIČNOST CISTAFOSA ZA MIŠEVE I PACOVE

Način aplikacije	LD-50* \pm SE (mM/kg)	
	Miševi	Pacovi
Intraperitonealno	6.5 \pm 0.2	4.0 \pm 0.1
Intramuskularno	5.4 \pm 0.2	3.9 \pm 0.3
Subkutano	5.5 \pm 0.2	6.2 \pm 0.5
Peroralno	12.0 \pm 0.5	13.4 \pm 0.8

* Srednje smrtno doze su izračunate na osnovu podataka o dvadesetčetvoročasovnom preživljavanju životinja po metodi Millera i Tainter (14).

Zaštitna moć cistafosa

U ovim eksperimentima su primenjene doze protektora od 0.25, 0.50 i 0.75 od LD-50 odredjenih za odgovarajuće puteve unošenja cistafosa.

Na tabeli 2. je pokazana efikasnost cistafosa u zaštiti miševa od štetnog dejstva gama zraka. U grupama životinja koje su pre ozračenja primile i.p. različite doze protektora preživelo je 50-86% miševa. Obzirom na letalitet životinja kontrolne grupe (fiziološki rastvor) od 95% postignut je značajan stepen zaštite ($P < 0.01$), a najbolji efekat je postignut primenom doze cistafosa od 3.2 mM/kg. Pri intramuskularnom ubrizgavanju protektora miševima najveći stepen zaštite (preživljavanje 63%) postignut je aplikacijom 2.7 mM/kg cistafosa, ali je i pri primeni niže odnosno veće doze preparata postignut povoljan efekat na preživljavanje ozračenih miševa. I u životinja koje su pre ozračenja primile cistafos subkutano, cistafos se pokazao veoma efikasnim. Sve razlike u letalitetu u odnosu na smrtnost životinja kontrolne grupe su signifikantne ($P < 0.001$). Medjutim, pri peroralnom davanju protektora zadovoljavajući i značajan stepen zaštite postignut je samo u grupi miševa koja je primila 9 mM/kg cistafosa.

Efikasnost cistafosa u zaštiti pacova od štetnog dejstva gama zračenja pokazana je na tabeli 3. Iz podataka se vidi da je intraperitonealna i intramuskularna aplikacija ovog protektora, na petnaest, odnosno dvadeset minuta pre ozračenja, vrlo povoljno uticala na preživljavanje životinja. Tako u grupi životinja koje su pre ozračenja i.p. primile 3 mM/kg cistafosa i u grupama koje su i.m. primile 2

TAB.2. UTICAJ CISTAFOSA NA PREŽIVLJAVANJE MIŠEVA
OZRAČENIH SA 8 GY GAMA ZRAKA

Cistafos (mM/kg)	Način i vreme primene pre ozračenja	Broj živ. do 30 d.	%prež.	Srednje vreme prež. (dani)
kontrola (fiz.r.)	i.p. 15 minuta i.m. 20 minuta s.c. 20 minuta p.o. 30 minuta	80	5	13 ± 0.7
1.6		20	50 [*]	11 ± 2
3.2	i.p. 15 minuta	30	86 [*]	24 ± 2
4.8		20	70 [*]	7 ± 2
1.35		20	30 [*]	15 ± 2
2.70	i.m. 20 minuta	30	63 [*]	16 ± 1
4.05		20	40 [*]	21 ± 2
1.36		20	60 [*]	11 ± 2
2.72	s.c. 20 minuta	30	80 [*]	13 ± 2
4.08		20	80 [*]	11 ± 2
3		20	20	10 ± 2
6	p.o. 30 minuta	30	20	15 ± 1
9		20	50 [*]	14 ± 3

* $P < 0.01$ u odnosu na preživljavanje kontrolnih životinja koje su pre ozračenja navedenim putevima primile fiziološki rastvor.

mM/kg odnosno 3 mM/kg preparata nije bilo smrtnih slučajeva (preživljavanje 100%). Obzirom da je ista doza zračenja uslovlila smrtnost životinja kontrolne grupe od 90% zaštitni efekat cistafosa je očigledan.

Medjutim, pri subkutanom unošenju protektora visok stepen zaštite je postignut samo u grupi pacova koja je pre ozračenja primila 3.1 mM/kg cistafosa. Preživelo je 93% pacova. Primena veće i manje doze cistafosa nije značajno uticala na preživljavanje ozračenih pacova. Isto tako pri peroralnoj aplikaciji različitih količina cistafosa pacovima nije postignut zadovoljavajući zaštitni efekat.

TAB.3. UTICAJ CISTAFOSA NA PREŽIVLJAVANJE PACOVA
 OZRAČENIH SA 8 GY GAMA ZRAKA

Doza cistafosa (mM/kg)	Način i vreme pri- mene pre ozračenja		Broj. živ.	% preživ. do 30.dana posle ozr.	Srednje vreme preživ. (dani)
Kontrola Piz.r.	i.p.	15 minuta	80	10	15 ± 3
	i.m.	20 minuta			
	s.c.	30 minuta			
	p.o.	30 minuta			
1			20	70 [*]	21 ± 3
2	i.p.	15 minuta	30	87 [*]	20 ± 2
3			20	100 [*]	-
1			20	80 [*]	13 ± 2
2	i.m.	20 minuta	30	100 [*]	-
3			20	100 [*]	-
1.5			20	20	11 ± 1
3.1	s.c.	20 minuta	30	93 [*]	10 ± 12
4.7			20	20	11 ± 2
3.35			20	20	7 ± 1
6.70	p.o.	30 minuta	30	13	11 ± 1
10.05			20	20	10 ± 1

* $P < 0.01$ u odnosu na preživljavanje životinja koje su pre ozračenja primile navedenim putevima samo fiziološki rastvor.

DISKUSIJA

Tokom poslednje decenije u mnogim zemljama ispituje se efikasnost tiofosfornih derivata cisteamina u zaštiti od jonizujućih zračenja (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24). Neki od ovih radioprotektora ispitani su i u kliničkom eksperimentu (11).

Podaci o toksičnosti i efikasnosti cistafosa sintetizovanog u našoj laboratoriji su identični ili vrlo slični onima koje su dobili drugi istraživači. Stepem preživljavanja ozračenih miševa parenteralno tretiranih cistafosom ukazuje da je ovaj radioprotektor pogodniji od ranije primenjivanih zbog manje toksičnosti i većeg zaštitnog efekta. Slični ili bolji rezultati postignuti su i pri parenteralnoj primeni cistafosa kod pacova. Ovde treba posebne istaći njegovu visoku efikasnost pri intramuskularnoj i intraperitonealnoj aplikaciji. U skoro svim grupama miševa ili pacova, pri parenteralnoj primeni protektora, najbolji efekti su postignuti dozom od 0.5 LD-50.

Na osnovu postignutih rezultata može se zaključiti da je cistafos efikasan radioprotektor. U toku daljih istraživanja potrebno je ispitati: mogućnosti za povećanje efikasnosti pri peroralnoj primeni, efekte radioprotektora kod velikih laboratorijskih životinja, sporedne neželjene efekte cistafosa, uticaj protektora na važne vitalne funkcije i dr.

THE EFFICACY OF CYSTAFOS IN PROTECTION OF ANIMALS AGAINST GAMMA IRRADIATION

A. Milovanović, M. Ćosić

Radioprotector sodium hydrogen cysteamine-S-phosphate was synthesized in our laboratories. Acute toxicity of said compound was determined in mice and rats. The efficacy of this radioprotector in abovementioned animals was evaluated in relation to dose, mode of application and time interval between prophylactic injection and irradiation.

LITERATURA

1. ROMANCEV E.F.: Radiacija i himičeskaja zaštita. Atomizdat, Moskva, 1968.
2. VLADIMIROV V.G., S.M. SMIRNOVA, L.G. TARNOPOL'SKAJA: Voeno Med. Zh., 11, 86, 1976.
3. HANSEN B., B. SORBO: Acta Radiol., 56, 141, 1961.
4. IOSIPOV V.S., P.G. ŽEREBČENKO, N.M. SLAVČEVSKAJA: Radiobiologija, 9, N°6, 850, 1969.
5. MIŠUSTOVA J., L. NOVAK, I. KAUTSKA: Radiobiologija, 13, 388, 1973.
6. SUVOROV N.N., V.S. ŠAŠKOV: Himija i farmakologija sredstv profilaktiki radiacionih poraženij. Atomizdat Moskva, 1975.
7. SAKSONOV P.P.; V.S. ŠAŠKOV, P.V. SERGEEV: Radiacionnaja farmakologija, Moskva, Medicina, 1976.
8. MOZŽUHIN A.S., F. Ju. RAČINSKIJ: Himičeskaja profilaktika radiacionnyh poraženij. Moskva, Atomizdat, 1979.
9. KAVUKČJAN T.V., A.G. SVERDLOV: Radiobiologija, 15, N°1, 74, 1975.
10. SVERDLOV A.G. et al.: Radiobiologija, 1, 75, 1980.
11. JARMONENKO S.P.: Protivlucovaja zaštita organizma. Moskva, Atomizdat, 1969.
12. ACKER-FELDT S.: Acta Chem. Scand., 13 N°6, 1479, 1959.
13. YASUDA S.K., L.J. LAMBERT: J. Am. Chem. Soc., 76, 5356, 1954.
14. MILLER, L.G., M.L. TAINTER: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 57:261-264, 1944.
15. SHAPIRO, B. et al.: Radiat. Res., 44, 421-433, 1970.
16. ŠAŠKOV, V.S., Ju. I. KURGANOV: Farmakologija i toksikologija, 37, N°5, 620-630, 1975.
17. AIRJAPETJAN, G.M., P.G. ŽEREBČENKO: Radiobiologija, 4, N°2, 259, 1964.
18. ZNAMENSKIJ, V. V. i sar.: Radiobiologija, 15, N°1, 79, 1975.
19. KUNA, P.: Vojenske zdravotnicke listy, N°6, 237, 1978.
20. SAKSONOV, P.P., G.T. ČERNENKO: Farmakologija i toksikologija, t 22, 550, 1959.
21. GOLUBENCEV, D.A. i sar.: Farmakologija i toksikologija, 33, 607, 1970.
22. ZNAMENSKIJ, V.V. i sar.: Radiobiologija, 14, 604, 1974.
23. PUGAČEVA, T.N. i sar.: Radiobiologija, 13, 611, 1973.
24. PHILIPS, T.L., J.F. UTLEY: Cancer, 32, 528, 1973.

XII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 Održ. 31. maj - 3. juni 1983.

Ana Ferle-Vidović i Ivan Deanović

Institut "Rudjer Bošković", Zagreb, Bijenička 54
 OOUR - Eksperimentalna biologija i medicina

RADIOPROTEKTIVNA AKTIVNOST BETA-HIDROKSI-SEROTONINA

Za određivanje radioprotektivne aktivnosti novosintetiziranog beta-hidroksi-serotonina primijenjeno je lotonsko ozračivanje kultura mišjih fibroblasta (L929) kao i totalno ozračivanje miševa (CBA ♂). Zbog usporedbe upotrebljene su na tim objektima iste zaštitne supstance i to: serotonin (5-HT), 5-metoksitriptamin (5-MT) i beta-hidroksi-serotonin (β -OH-5-HT). Rezultati su pokazali da na primijenjenim modelima dolaze do izražaja različiti radioprotektivni efekti. Sam 5-HT slabo zaštićuje stanice u kulturi, dočim u tom smislu nešto bolje djeluju 5-MT i β -OH-5-HT. Miševi pak, ozračeni čak supraletalnim dozama, signifikantno su bolje bili zaštićeni s β -OH-5-HT nego s ostala dva triptaminska spoja. To upućuje na različite osnovne mehanizme radioprotektivnog djelovanja pojedinih ispitivanih spojeva.

UVOD

Hidroksilacija na beta-položaju postranog lanca feniletilamina dobro je poznata metabolička reakcija u sisavaca. Tako iz tiramina nastaje oktopamin, a iz dopamina noradrenalin. Biokemičare iz Instituta "Rudjer Bošković" interesiralo je kakvo biološko značenje ima beta-hidroksilacija indoletilamina. Stoga su sintetizirali nekoliko takvih spojeva od kojih je najvažniji bio beta-hidroksi-serotonin (β -OH-5-HT). Isti autori su ustanovili da se u nekim tkivima sisavaca može odigrati ta biotransformacija tj. beta-hidroksilacija na postranom lancu 5-hidroksitriptamina (5-HT, serotonin)^{/1/}. U nizu farmakoloških ispitivanja β -OH-5-HT, bilo je zanimljivo istražiti i radioprotektivnu aktivnost tog novog spoja. U jednom preliminarnom radu objavili smo gotovo podjednak zaštitni učinak, u miševa ozračenih s 9 Gy (LD_{100/30}), slijedećih triptamina: β -OH-5-HT, 5-metoksitriptamina (5-MT, "meksamin") i samog 5-HT^{/2/}. U novom eksperimentu na miševima željeli smo pobliže ispitati zaštitnu moć β -OH-5-HT u odnosu na srodne spojeve, pa smo sada prešli na supraletalne doze ozračivanja. - Paralelno su tekli i radioprotektivni pokusi s istim supstancama na kulturi mišjih fibroblasta. Naime, stanice u kulturi vrlo su pogodan

sistem za izučavanje temeljnih mehanizama kemijske zaštite od zračenja. Metodom klonalnog rasta može se kvantitativno odrediti radioprotektivna aktivnost spojeva koji su u ispitivanju.

REZULTATI RADIOPROTEKTIVNOG POKUSA NA KULTURI STANICA

Stanicama L929, zasadjem u plastične Petri-zdjelice, dodaje se neposredno prije zračenja otopina radioprotektivne supstance. Radioprotektori su prisutni i u toku zračenja, a 30 min nakon toga njih se odstranjuje i dodaje svježi medij (dakako i u zračene i u kontrolne uzorke).

Rezultati ovih pokusa na kulturi stanica izloženih gama-izvoru (^{60}Co) prikazani su na Tabeli I. Veličina faktora redukcije doze zračenja (FRD) kod određenog nivoa preživljenja stanica (npr. 10%) proporcionalna je veličini radioprotektivne efikasnosti ispitivane supstance.

Tabela I. FAKTOR REDUKCIJE DOZE ZRAČENJA (FRD) UZ 10% PREŽIVLJENJA STANICA NAKON GAMA-OZRAČENJA

Ispitivana supstanca	Koncentracija otopine	FRD*
5-hidroksitriptamin(5-HT, serotonin)	5×10^{-5} M	1,16
5-metoksitriptamin(5-MT, meksamin)	5×10^{-5} M	1,23
β -hidroksiserotonin(β -OH-5-HT)	5×10^{-5} M	1,24
aminoetilurionium bromid (AET)	5×10^{-3} M	1,46

$$* \text{FRD (10\% pre\zeta.)} = \frac{\text{Doza (protek.)}}{\text{Doza (kontr.)}}$$

Kako se vidi, sva tri triptaminska spoja nemaju naročiti zaštitni efekt na stanicama u kulturi, ako ga se usporedi s onim poznatog radioprotektora AET^{3/}. Međutim, 5-MT i β -OH-5-HT ipak daju nešto veći FRD od samog 5-HT.

REZULTATI RADIOPROTEKTIVNOG POKUSA NA MIŠEVIMA

CBA mužjaci, težine 18-24 g, ozračivani su tvrdim X-zrakama(220 kV, standardni filteri) uz brzinu doze od 1 Gy/min. Zaštitne supstance, otopljene u fiziološkoj otopini, injicirane su i.p. u ekvimolarnoj dozi od 0,28 mM/kg i to 10-15 min prije zračenja; kontrolne životinje primile su i.p. odgovarajući volumen fiziološke otopine. Primijenjene doze X-zraka bile su: 7.7, 10 i 13 Gy; miševi su izlagani zračenju u grupama od 20 u niskom kavezu od pleksi-stakla s otvorima za dobru aera-

ciju. Rezultate ćemo zbog preglednosti prikazati pomoću Kaluszyner-ovog koeficijenta preživljenja /4/ prema formuli:

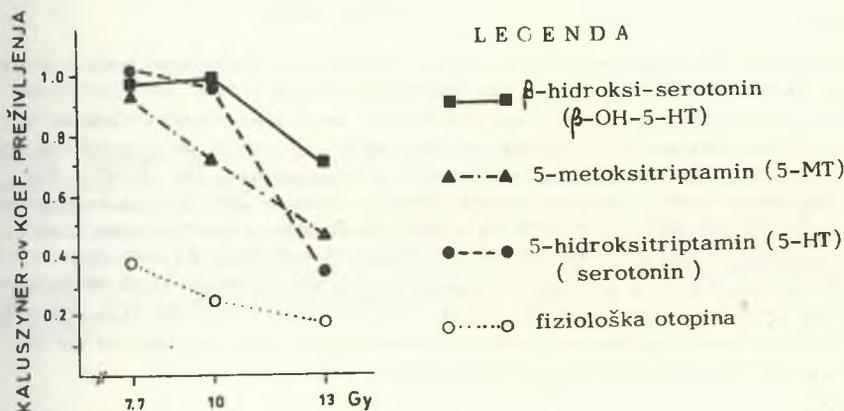
$$S = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{30}}{n_1 \times 30}$$

S = koeficijent preživljenja ("survival")

n_1 = broj živih miševa u prvom postiradijacionom danu itd.

(u koliko sve životinje prežive 30 dana, onda je S = 1)

Grafički prikaz tih koeficijenata preživljenja uz pojedine doze zračenja i uz primjenu navedenih supstancija, dan je na slici 1. Jasno se vidi da sva tri radioprotektora uz dozu od 7,7 Gy ($LD_{97/30}$) zaštićuju miševe gotovo 100%.



Slika 1 Odnos Kaluszynerovog koeficijenta preživljenja prema pojedinim dozama X-ozračenja miševa koji su 10-15 min prije izlaganja zračenju primili (i.p.) ekvimolarnu količinu (0,28 mM/kg) navedenih zaštitnih sredstava ili isti volumen fiziološke otopine.

Apsolutno letalna doza od 10 Gy već omogućuje razlikovanje njihove potentnosti jer je 5-MT ("meksamin") uz tu dozu znatno slabiji od preostala dva indoletilamina. Uz izrazito supraletalnu dozu od 13 Gy, diferencijacija zaštitne moći još je bolje došla do izražaja: dok je efekat 5-MT i 5-HT bio praktički sličan, zaštitni je učinak β-OH-5-HT bio značajno bolji (48% preživjelih!). Ova razlika pokazala se i statistički značajnom jer je hi^2 -test između proporcija preživjelih i ukupnog broja miševa tretiranih s 5-MT odnosno s β-OH-5-HT pokazao $\chi^2 = 5,33$ uz $P < 0,025$.

DISKUSIJA

Poznati su brojni farmakološki efekti unesenog serotonina, pa se njegovo radioprotektivno svojstvo u glodavaca pripisivalo prvenstveno izazvanoj vazokonstrukciji i hipoksiji u vitalnim tkivima (koštana srž!). Upravo zbog toga čini se razumljivim izostanak prave zaštite primjenom serotonina kod ozračenih stanica u kulturi. S druge strane, ustanovljeno je da su farmakološki učinci β -OH-5-HT znatno slabiji od onih samog 5-HT^{1/5/}. Prema tome, snažnu zaštitnu aktivnost ovog beta-hidroksiliranog spoja treba tražiti u drugim mehanizmima radioprotekcije kao što je npr. odstranjivanje slobodnih radikala; uz takvo tumačenje ne iznenadjuje ni njegov nešto bolji zaštitni efekt na kulturi stanica.

SUMMARY

In the aim to test the radioprotective activity of the new-synthesized beta-hydroxyserotonin (β -OH-5-HT), the mouse fibroblasts in culture (L929) were irradiated by a ⁶⁰Co gamma source, as well as CBA ♂ mice were whole-body irradiated by a X-ray machine. For comparison, two known indolethylamines were applied in both experimental models: serotonin (5-HT) and 5-methoxytryptamine (5-MT). The results showed different radioprotective effects, obtained with the same compounds, in two experimental objects. 5-HT is a weak radioprotector for the cells in culture; in these conditions better protection was obtained by 5-MT and β -OH-5-HT. On the contrary, the mice irradiated even with supralethal doses were protected by each of three tryptamines, the β -OH-5-HT being the most effective. These findings suggest that different radioprotective basic mechanisms are activated in the case of application of each mentioned radioprotective substance.

LITERATURA

- /1/ S. Kveder, A. Medjugorac, V. Plavšić, S. Iskrić: Biological hydroxylation of the side chain of tryptamine in mammals, *Period.biol.*, **80**:163,1978.
- /2/ Ž. Deanović, A. Treščec, S. Kveder, S. Iskrić, Z. Supek: Radioprotective activity of some beta-hydroxylated indole-alkylamines, *Strahlenth.*, **158**:375,1982.
- /3/ A. Ferle-Vidović, D. Petrović, M. Osmak, K. Kadija: Absence of AET protection against fast neutrons: Cellular effects, *Radiat. Environ. Biophys.*, **19**:197,1981.
- /4/ A. Kaluszyner, P. Czerniak, E.D. Bergmann: Thiazolidines and aminoalkylthiosulfuric acids as protecting agents against ionizing radiation, *Radiat. Res.*, **14**:23,1961.
- /5/ V. Plavšić, S. Iskrić, S. Kveder, M. Tućan-Foretić, D. Wolf, V. Gjuriš: Preliminary investigations of the metabolism and pharmacological activity of beta-hydroxytryptamines in mammals, *J.Pharm.Pharmac.*, **28**:424,1976.

XII JUGOSLOVENSKE SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Ninkov Vukosava, Karanović Dobrila, Milić Olivera, Savovski Kiril, Pujić Natalija
 Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Laboratorija za radiobiologiju,
 Vinča, poš. fah. 522

 STIMULATIVNO DEJSTVO BIOREGULATORA NA POSTRADIJACIONE PROCESSE
 HEMATOPOEZE

REZIME Ispitivano je delovanje Bioregulatora na brzinu i način regeneracije hematopoetskog tkiva posle zračenja. Eksperimentalne životinje su pacovi, Wistar soja, zračen na izvoru Co^{60} dozom od 5 Gy. Bioregulator je apliciran neposredno i 10. dana posle zračenja u dozi od 0,1 mg/kg pacova. Uzorci krvi, kostne srži i slezine su uzimani od 3. do 28. dana a vršene su kvantitativne i kvalitativne analize, praćena je i kinetika procesa proliferacije. Rezultati su pokazali da Bioregulator utiče na regeneraciju hematopoetskog tkiva i stimuliše kinetiku procesa obnavljanja.

UVOD

Poznato je da neke leguminoze kao i druge biljke sadrže u semenu materije nazvane biljni mitogeni koji stimuliraju procese sinteze i deobu ćelija.

Bioregulator (Br) je aktivna supstanca koja je izolovana iz semena kulturnih i korovskih biljaka (proizvod "Bicprodukt"). Iz dosadašnjih rezultata na biljnom materijalu i kulturi sisarskih ćelija se vidi da Bioregulator u određenoj dozi pokazuje mitogeni efekt (1,2).

Stalnodelaća tkiva životinja kao što je hematopoetsko, vrlo su pogodna za ispitivanje biološko-mitogene aktivnosti. Naši rezultati sa fitohemaglutininom (PHA) koji je izolovan iz pasulja, su pokazali stimulativan efekat procesa regeneracije hematopoeze zračenih životinja (3,4,5,6,7).

U ovom radu smo proučavali postradijacionu regeneraciju hematopoetskih tkiva kod životinja koje su primale Bioregulator, sa ciljem da se utvrdi mitogena aktivnost ove supstance u uslovima in vivo.

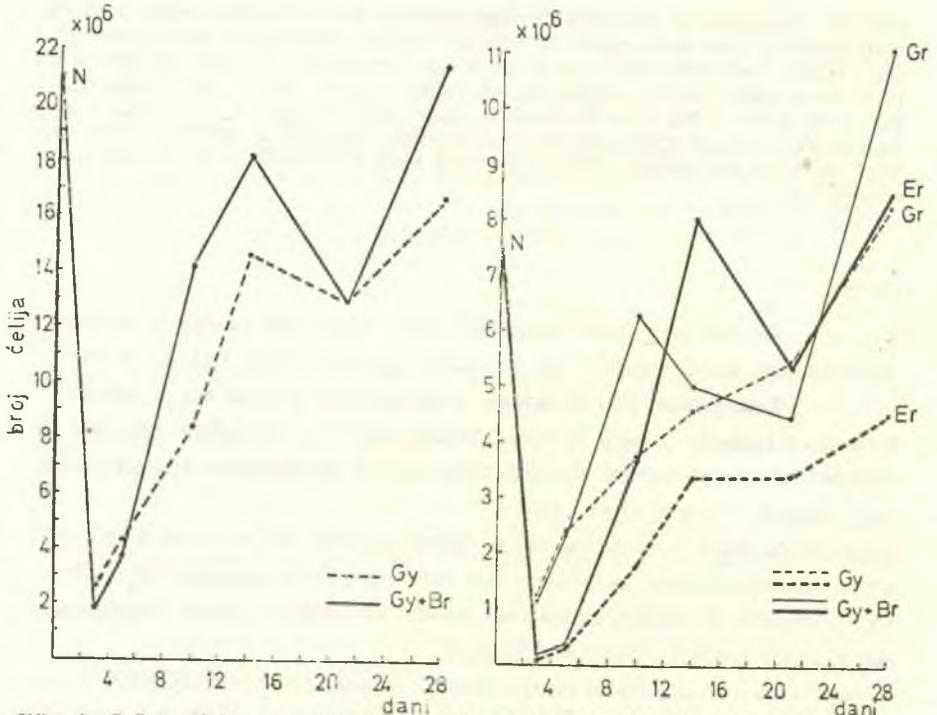
MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su vršena na pacovima Wistar soja, oba pola starosti 2,5 meseci. Životinje su zračene sa 5 Gy na Co^{60} izvoru, Bioregulator je apliciran i.p. u dozi od 0,1 mg/kg. Aplikacija je vršena neposredno posle zračenja i 10. dana u toku oporavka.

Životinje su žrtvovane od 3. do 28. dana posle zračenja. Uzimani su uzorci iz krvi, kostne srži i slezine. Praćeni su numeričko-morfološki parametri i kinetika procesa proliferacije. Eksperimenti su obuhvatali sledeće grupe životinja : normalne, zračene kontrole i zračene tretirane Bioregulatorom. Kinetika procesa regeneracije praćena je kolhicin-testom (8,9).

REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1. prikazane su vrednosti opšte celularnosti kostne srži tibije i apsolutne vrednosti eritrocitne i granulocitne populacije ćelija.



Slika 1. Opšta celularnost tibije i apsolutne vrednosti eritrocitne i granulocitne loze; Gy - zračene sa 5 Gy; Gy + Br zračene sa 5 Gy i Bioregulator
Svaka tačka je srednja vrednost od 6 - 8 uzoraka

Značajne razlike u odgovoru oporavka javljaju se 10. i 14. dana posle zračenja. Razlika se javlja kod zračenih tretiranih životinja u odnosu na zaračene 7. i 10. dana i rezultat je delovanja prve a 14. dana druge doze Bioregulatora. U perifernoj krvi nema značajnih razlika, sem u vrednostima retikulocita 14. dana. Broj retikulocita je za 47% veći kod životinja koje su primile Bioregulator a što takodje svedoči o ubrzanom eritro-regeneraciji u kostnoj srži između 10. i 14. dana.

Kompenzatorna hemoaktivacija u slezini javlja se kod životinja tretiranih sa Bioregulatorom 14. i 21. dana a kod zračenih tek 28. dana posle zračenja.

Na tabeli 1. prikazani su rezultati koji se koriste za procenu kinetike proliferacije eritrocitopoeze u kostnoj srži. Primena Bioregulatora obezbedila je odvijanje deobnih procesa eritrocitopoeze 14. dana u normalnom vremenu trajanja, nasuprot zračenim kontrolama gde je vreme trajanja kontrole produženo za oko dva puta. Vreme obnavljanja ćelijskog ciklusa iznosi za tretirane životinje svega 11 sati što ukazuje da Bioregulator stimulatивно deluje na sintetsku fazu mitoze. Dva puta veći proliferativni kapacitet eritrocitne populacije kod tretiranih životinja takodje dokazuje njegovo stimulatивно delovanje na ćelijsku populaciju u fazi obnavljanja.

Tab. br. 1. KINETIKA PROCESA PROLIFERACIJE ERITROCITNE LOZE 14.DANA POSLE ZRAČENJA I BIOREGULATORA

Metode	T r e t m a n	
	5 Gy + B r	5 Gy
Mitotski indeks ‰	34,8 ± 12,3	41,6 ± 13,6
Statmokinetski indeks ‰	344 ± 72	173 ± 57
Vreme trajanja mitoze	1440 s (24 min)	3420 s (57 min)
Vreme obnavljanja	41820 s (11 h. 37 min)	83160 s (23 h. 6 min)
Proliferativni kapacitet ćelija	683184	310.535

Ovo ukazuje da Bioregulator apliciran životinjama posle zračenja sa 5 Gy utiče na brzinu regeneracije hematopoetskog tkiva. Sličan stimulativni efekat je dobijen i

posle aplikacije fitohemaglutinina zračenim životinjama (4,7). Stimulativno dejstvo Bioregulatora na obnavljanje hemoproliferativnih procesa posle zračenja daje mogućnost da mu se pripíše svojstvo prirodnog zaštitnog sredstva i omogući šira primena u postradijacionim uslovima.

STIMULATIVE EFFECT OF THE BIOREGULATOR ON THE POSTIRRADIATION PROCESSES OF THE HAEMATOPOIESIS

The effect of Bioregulator on the rapidity and the mode of regeneration of the haematopoietic tissue after irradiation was studied. The animals - rats, Wistar strain, irradiated on Co 60 source, with dose of 5 Gy were used. Bioregulator was injected (0,1 mg/kg of the rat) immediately and 10th day after irradiation. Samples of blood, bone marrow and spleen were taken 3th to 28th day. Quantitative and qualitative analyses were used and the kinetic of the proliferative process was followed. The results were showed that the Bioregulator influence on the regeneration of the haematopoietic tissue and stimulate the kinetic and the turnover time of the cells.

LITERATURA

1. Gajić D., Perić, L.J., Petrović J.: *Fragmenta herbologica croatica*, 9,1, 1972.
2. Karanović D., Karanović J.: *Strahlentherapie*, 153,501, 1977.
3. Astaldi G., Karanović D., Paleani Vettori P., Karanović J., Piletić O.: *Boll. Inst. Sieroter. Milanese*, 53,5, 599, 1974.
4. Karanović D., Piletić O., Maj I., Karanović J., Astaldi G.: *Haematologica*, 59,2,155, 1977.
5. Karanović D., Ninkov V., Pujić N., and Astaldi G.: *Acta Biol. Med. Exp.* 6,105, 1981.
6. Bishum N., Morton R., McLaverty B.: *Experientia*, 21, 527, 1965.
7. Lopez A., Lozzio B.: *Congr. Inter. Hematol. Sao Paulo Abs. No 91*, 1972.
8. Dustin P.: In: Stohman F.: *Kinetick of cellular proliferation*, p.31. New York, 1959.
9. Ninkov V.: *Strahlentherapie*, 144,2, 242, 1972.

Zahvalnica:

Zahvaljujemo Dušanki Stepanović, tehničkom saradniku na stručnoj i savesnoj pomoći.

Dobrila Karanović, Vukosava Ninkov i Nada Radotić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Laboratorija za radiobiologiju,
Vinča, poš.fah. 522

DELOVANJE CERULOPLASMINA NA POSTRADIJACIONU REGENERACIJU HEMATOPOETSKEG TKIVA

REZIME Ispitivano je delovanje Ceruloplasmina (Cr) na postradijacionu hematopoezu u pacova. Pacovi stari 25 dana zračeni su sa $77,4 \text{ mC/kg}^{100}$. Ceruloplasmin je injiciran posle zračenja, 50 gamma /pacov, i.p., 5 dana u nedelji. Žrtvovanje je usledilo 7., 14. i 28 dana posle zračenja, tj. posle 5, 10 i 15 injekcija Cr. Analizama je obuhvaćena krv, kostna srž i slezina. Rezultati su pokazali da Cr u postradijacionim uslovima značajno deluje na brzinu oporavka hematopoetskog tkiva.

UVOD

Ceruloplasmin je nov preparat čija fiziološka funkcija je još nedovoljno poznata. Holmberg i sar.(1) su ga prvi izolovali iz humane plazme. Zadnjih godina je ispitivana uloga Cr u metabolizmu bakra i gvoždja jer se zna da on utiče na njihov metabolizam. Vršeni su pokušaji lečenja bolesnika sa aplastičnom anemijom i pokazalo se da je efikasan u kombinaciji sa drugim lekovima (2,3,4). Yamada i sar.(5) su ispitivali delovanje Cr na hematopoetski sistem zračenih miševa i našli da je spontana regeneracija CFU-C značajno ubrzana posle davanja Cr, kada se Cr daje pre zračenja.

U ovom radu je ispitivano delovanje Cr na postradijacionu regeneraciju hematopoetskog tkiva.

MATERIJAL I METODE

Eksperimentalne životinje su bili mladi pacovi (25 dana), Wistar soja,

izlagani X zračenju od 77 mC kg^{-1} . Ceruloplasmin je injiciran i.p. u dozi od 50 gama (0,5 ml), posle zračenja - 5 dana u nedelji. Kao kontrole su služile zračene životinje koje su na isti način primile fiziološki rastvor. Žrtvovanje je usledilo 7., 14 i 28. dana posle zračenja, tj. posle 5, 10 i 15 injekcija Cr. Analizama je obuhvaćena krv (broj eritrocita, leukocita i procenat retikulocita), kostna srž i slezina (opšta celularnost, opšti broj eritrocitnih granulocitnih i limfocitnih ćelija).

REZULTATI

Doza zračenja od $77,4 \text{ mC/kg}^{-1}$ nije izazvala smrtnost životinja u toku 30 dana, ni kod zračenih kontrola ni kod Cr-tretiranih pacova.

Efekat Cr se nije odrazio na broj eritrocita i leukocita u perifernoj krvi, međutim procenat retikulocita kod pacova koji su primili Cr, 7. dana je oko 3 puta veći nego kod zračenih kontrola.

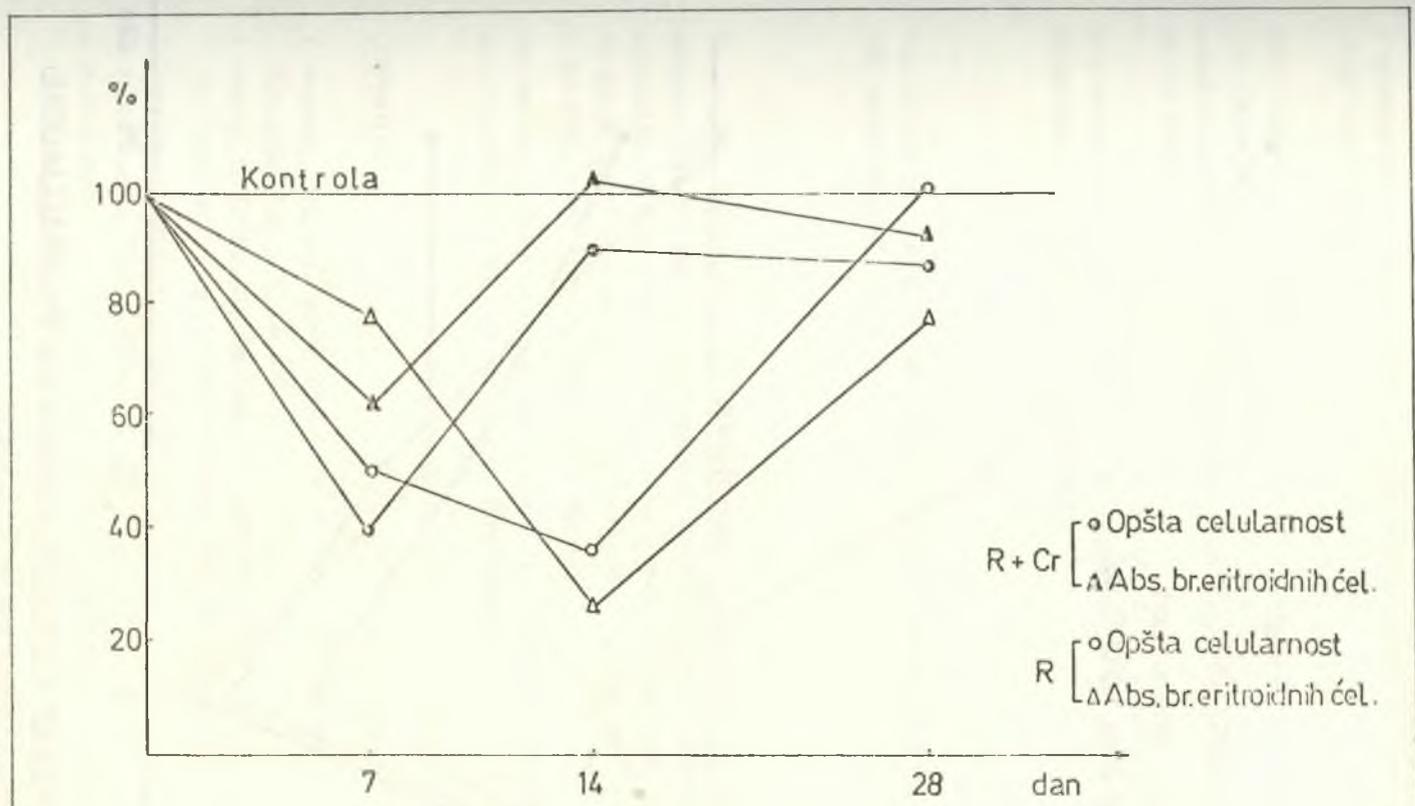
Rezultati promena u kostnoj srži, prikazani na slici 1. pokazuju da se efekat Cr ispoljava u značajnom povećanju opšte celularnosti kao i u absolutnom broju eritrocitnih ćelija u poredjenju sa zračenim kontrolama, 14. dana posle zračenja, tj. posle 10 injekcija Cr. U tom periodu absolutni broj svih ćelija u srži je 2,5 puta veći nego kod zračenih kontrola, dok je absolutni broj eritrocitnih ćelija oko 4 puta veći. Pozitivan efekat Cr 14. dana je izražen i kod granulocitnih ćelija u srži.

U slezini (Slika 2.), kompenzatorna eritroaktivacija kod CR-tretiranih životinja javlja se već 7. dana posle zračenja ($p = 0,05$) i uzlaznom krivom raste do 28. dana, kada je broj eritrocitnih ćelija dvostruko veći od normale ($p < 0,001$), dok je kod zračenih kontrola 50% ispod normalnih vrednosti.

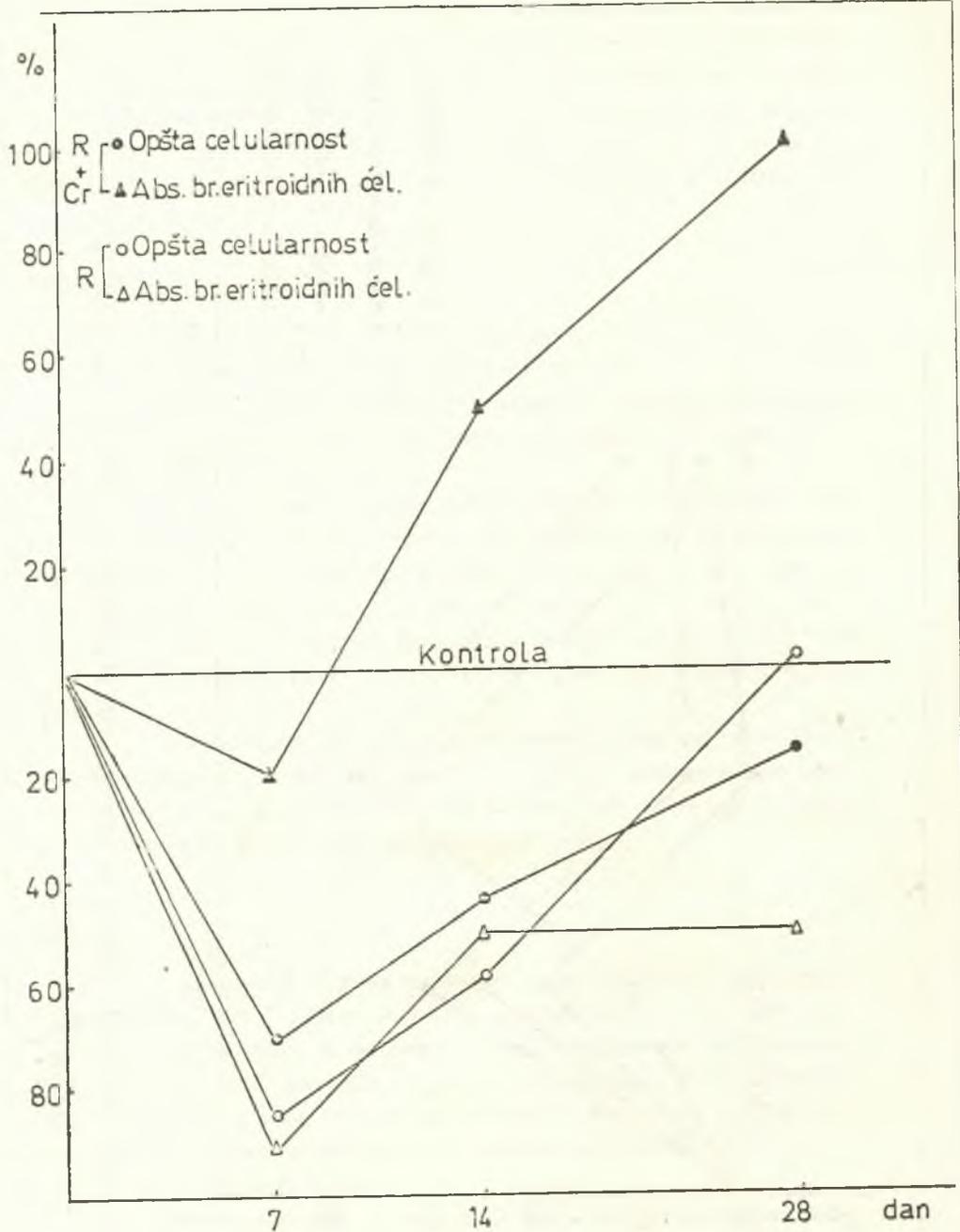
DISKUSIJA

Ceruloplasmin injiciran životinjama u dozi od 50 gama dnevno posle zračenja sa $77,4 \text{ mC/kg}^{-1}$, dovodi do intenzivne hemoaktivacija kako u srži tako i u slezini. Vrednosti dobivene 14. dana posle tretmana, analizom opšte celularnosti u srži kao i absolutnog broja eritrocitnih ćelija pokazuju, da se hemoregeneracija normalizuje već posle 10 injekcija Cr i ostaje na istom nivou do kraja ispitivanog perioda. Spontana regeneracija u srži zračenih kontrola 14. dana je oko 4 puta niža od Cr-tretiranih životinja.

Naši rezultati jasno pokazuju da Cr deluje kako na eritropoezu tako i na granulopoezu, a taj efekat se ispoljava 14. dana posle tretmana. Efekat Cr na matične ćelije našli su i Yamada i sar.(5) ispitujući njegov efekat u zračenih životinja prethodno tretiranih sa Cr. S druge strane, Hoshino i sar. (2), koristeći Cr



Slika 1. EFEKAT CERULOPLASMINA NA POSTRADIJACIONU HEMATOPOEZU U KOSTNOJ SRŽI



Slika 2. EFEKAT CERULOPLASMINA NA POSTRADIJACIONU HEMATOPOEZU U SLEZINI

u terapijske svrhe su zapazili da dolazi do intenzivnije eritroproliferacije u kostnoj srži posle aplikacije Cr.

Intenzivna eritroaktivacija u slezini, koja počinje 7. dana posle zračenja i nastavlja se sve vreme tokom posmatranja, pokazuje da je kompenzatorna uloga slezine vrlo izražena. Visoki procenat eritrocitnih ćelija u slezini 28. dana ukazuje da proces reparacije hematopoetskog tkiva posle zračenja sa $77,4 \text{ mC/kg}^{-1}$ još nije završen.

Na osnovu rezultata moglo bi se reći, da Cr u postradiacionim uslovima značajno deluje na brzinu oporavka hematopoetskog tkiva. Značajan efekat postoji kako u eritropoezi tako i granulopoezi.

THE EFFECT OF CERULOPLASMIN ON POSTRADIATION REGENERATION OF THE HEMATOPOIETIC TISSUE

The effect of Ceruloplasmin (Cr) on postradiation haematopoiesis in rats was investigated. Rats, 25 day old were irradiated with $77,4 \text{ mC/kg}^{-1}$. Ceruloplasmin was injected 50 gamma per rat, five days for a week. Animals were killed 7., 14. and 28 day after irradiation or after 5, 10 and 15 Cr-injection. The changes in the blood, bonemarrow and spleen were observed

The results of present study indicates that the Cr in postradiation condition act on the recovery of haematopoietic tissues, significantly.

LITERATURE

1. Holmberg, G.G. and Laurell, C.B.
Acta Chem. Scand. 5, 476, 1951.
2. Hoshino, T., Uchida, A., Takahashi, T., Horinchi, T.
18th Congr. Intern. Soc. Hemat. Montreal, 1980, str. 255
3. Sternhieb, J., Morell, A.G., Scheinberg, J.H.
7 Clin. Invest., 37, 934, 1958.
4. Shimizu, M.
Transfuzion, 19, 742, 1979.

5. Yamada,M., Morisne, S., Shimizu,M.
18th Congr. Intern.Soc. Hemat. Montreal, 1980, str. 255.

Zahvalnica

Zahvaljujemo Dušanki Stepanović, tehničkom saradniku, na stručnoj i savesnoj pomoći.

XII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31. maj - 3. jun 1983.

Branimir Jernej, Sonja Levanat i Saveta Miljanić
 Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, Bijenička 54

BIODOZIMETRIJSKI ZNAČAJ PRAĆENJA RANIH PROMJENA TJELESNE TEŽINE
 OZRAČENIH ŠTAKORA

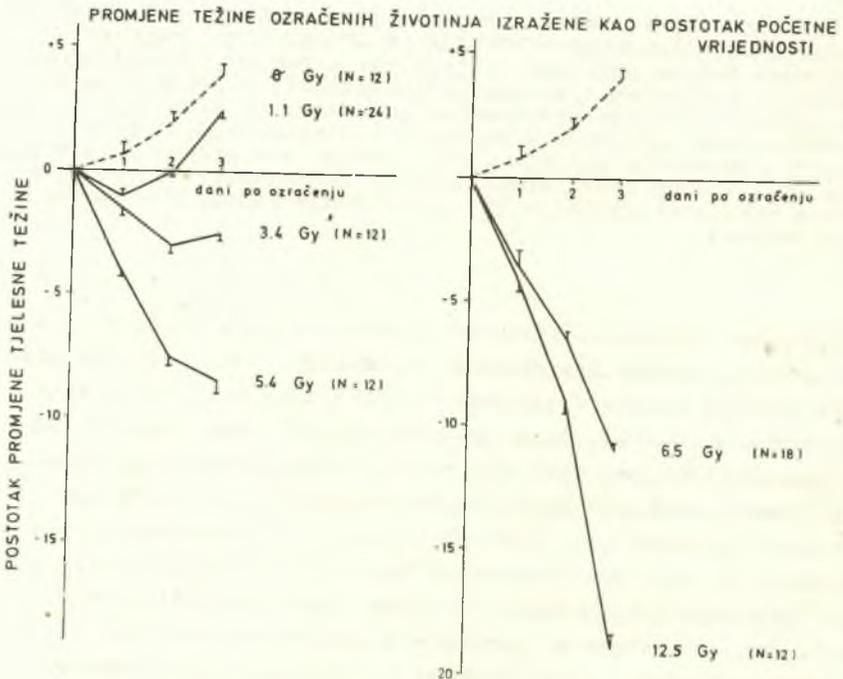
Sažetak:

Morfološko-funkcionalna oštećenja probavnog sustava, uzrokovana ozračenjem eksperimentalne životinje (štakora) odražavaju se u padu tjelesne težine ozračene jedinice već u ranom postiradijacijskom periodu. Praćenjem tjelesne težine štakora tijekom prva tri dana po ozračenju možemo procijeniti dozu koju je životinja primila. Područje doza ozračenja u kojem ta biodozimetrijska metoda daje najkonzistentnije podatke pada u gornje subletalno i letalno područje, te se tako dobro komplementira s hematološkim biodozimetrijskim pokazateljima (čije je razlučivanje najbolje u području subletalnih doza).

Ozračeni organizam sisavaca pokazuje u postiradijacionom periodu otklone mnogih fizioloških parametara. Gotovo u svim slučajevima postoji određena zavisnost intenziteta promjene o dozi koju je jedinica primila, i ona se može opisati odgovarajućim odnosom doza:biološki odgovor. Kad postoji jasna kvantitativna zavisnost između primljene doze i opisanog odgovora u širem opsegu doza, moguće je takav parametar upotrijebiti u biodozimetrijske svrhe. Jedan od najčešće korištenih biodozimetrijskih pokazatelja jest praćenje celularnosti periferne krvi (najčešće broja limfocita (2), kromosomske aberacije u perifernoj krvi itd.

Probavni sustav spada među vrlo radiosenzitivne sustave u organizmu sisavaca zbog dinamike izmjene gastro-intestinalnog epitela. Dobar sumarni pokazatelj njegovog funkcionalnog integriteta jest tjelesna težina organizma životinje. Nakon provedenih istraživanja kretanja tjelesne težine štakora (ozračenih različitim dozama fotonskog zračenja) u duljem postiradijacionom periodu (1), odlučili smo pobliže istražiti dinamiku ranih promjena tjelesne težine (u prva tri dana po ozračenju) u cilju utvrđivanja prikladnosti primjene tog parametra u biodozimetrijske svrhe.

U istraživanju su korišteni muški Wistar štakori iz uzgoja Instituta "R. Bošković" tjelesne težine 210-240 grama. Kao izvor X zraka korišten je Philipsov terapijski aparat. Životinje su zračene u skupinama od 6 u rotacionom kavezu od pleksi-stakla uz dorzo-ventralni smjer upadne zrake. Apsorbirana doza mjerena je tkivno-ekvivalentnim dozimetrom DL-M4 (Institut "R. Bošković") uz pomoćnu dozimetriju "Victoreen" ionizacionom komorom. Navedeni dozimetrijski podaci odnose se na središnju tkivnu dozu u zraku (midline air dose)(1). Mjerenje tjelesne težine životinja vršeno je svakog dana u 10 sati.

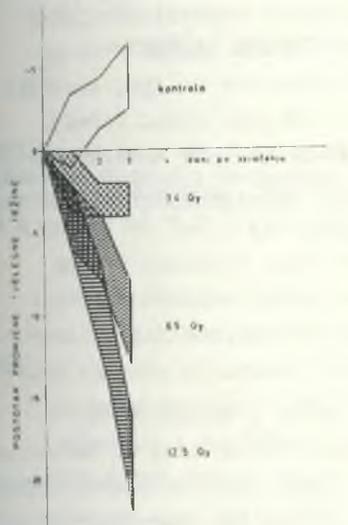


Slika 1

Na slici 1 prikazani su rezultati istraživanja promjena tjelesne težine ozračenih životinja u prva tri dana po ozračenju. Životinje su bile ozračene s pet različitih doza. Grafički je prikazano kretanje tjelesne težine po skupinama u postocima promjene od težine na dan ozračenja. Učrtane su srednje vrijednosti

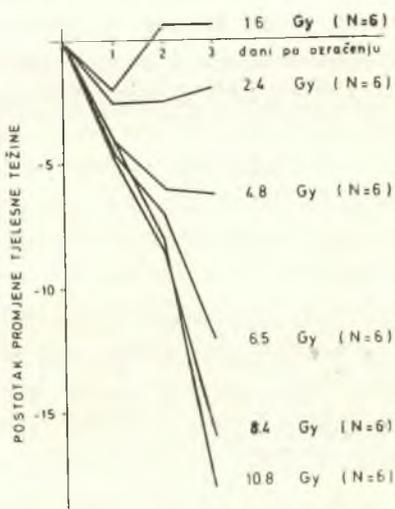
postotne promjene tjelesne težine svake skupine uz naznaku nje-
ne standardne pogreške. Crtkanom je linijom prikazano kretanje
tjelesne težine kontrolne skupine lažno ozračenih životinja.

Na slici 2 prikazane su granice maksimalnih individualnih
varijacija u kretanju tjelesne težine po skupinama ozračenih od-
nosno lažno-ozračenih životinja (kontrola). Zbog preglednosti gra-
fičkog prikaza odabrane su samo tri doze. Na slici je jasno uočljivi



PROMJENA TJELESNE TEŽINE ŠTAKORA PO OZRAČENJU
NAVEDENIM DOZAMA IZRAŽENA KAO % POČETNOG
IZNOSA NA DAN OZRAČENJA (GRANICE INDIVIDUALNIH
VARIJACIJA U SKUPINAMA OD 12 ŽIVOTINJA)

PROCJENA PRIMLJENE DOZE NA
SKUPINAMA OD 6 ŽIVOTINJA



Slika 2

Slika 3

vo područje u kojem dolazi do preklapanja procentualnih gubitaka
tjelesne težine između skupina izloženih različitim dozama.

Slika 3 prikazuje promjene tjelesne težine 6 skupina ozra-
čenih životinja u širem rasponu doza. Cilj ovog prikaza jest pro-
cjena mogućnosti određivanja primljene doze na osnovi praćenja
kretanja tjelesne težine skupine od 6 ozračenih životinja tije-
kom prva tri postiradijaciona dana. Zbog jasnoće prikaza izosta-
vljene su oznake standardnih pogrešaka uz srednje vrijednosti.

U diskusiji ćemo se ograničiti samo na fenomenološki aspekt bez ulaženja u razmatranje patofizioloških podloga opisanih promjena. Na grafičkim je prikazima vidljivo da dinamika promjene tjelesne težine ozračenog štakora pokazuje zavisnost o primljenoj dozi zračenja u širem rasponu doza. Gubitak tjelesne težine životinja u toku prvog dana po ozračenju ne pokazuje značajnijih razlika s porastom doze te tu dolazi do znatnijih preklapanja među skupinama (tj. njihovim procentualnim gubicima tjelesne težine) različito ozračenih životinja. Mogućnosti biodozimetrijskog razlučivanja ovdje su stoga vrlo oskudne. Nakon drugog dana moguće je već jasnije razlikovati skupine ozračene manjim, srednjim odnosno većim dozama uz grubu procjenu primljene doze. Točnija procjena doze koju je primila pojedina skupina može se dati tek trećeg dana kad mogućnost rezolucije na osnovi procentualnog gubitka tjelesne težine uvelike raste (v. sl. 3)

U zaključku možemo reći da je praćenje tjelesne težine ozračenih životinja u ranoj postiradijacijskom periodu postupak koji nam (iako naočigled banalan) može dati korisne biodozimetrijske podatke za pojedinu skupinu ozračenih životinja odnosno uvid u individualnu reaktivnost određene jedinke u početku razvoja radijacijskog sindroma. Postupak je reproducibilan u području viših doza (više od 3 Gy) te se na taj način dobro komplementira s hematološkim biodozimetrijskim pokazateljima koji su superiorni u području nižih doza.

SUMMARY: Functional changes in the digestive system, following exposure to ionizing radiation, are reflected in weight loss of the animal during the early postirradiation period. Following the weight change during the first three postirradiation days enables one to estimate the dose the animal had received. This simple biodosimetric method gives best resolution in the higher dose range and so can be complementary used to the hematological biodosimetry.

- 1) B. Jernej, S. Levant, A. Cizelj, Ž. Deanović. Promjene tjelesne težine ozračenih štakora kao biodozimetrijski pokazatelj. Radiol. Jugosl. 16 (1982) 509-516.
- 2) M. Žak, Z. Dienstbier, Z. Režny. Early lymphopenia as biological indicator of postirradiation response. Strahlentherapie 144 1 (1972) 60 - 69.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZASTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Ž. Ubović, Z. Červenjak, A. Živanović i M. Trajković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča,
Laboratorija za medicinsku zaštitu i GEOINSTITUT,
Beograd, OOUR za istraživanje mineralnih sirovina
i hidrologije

SADRŽAJ PRIRODNOG URANA U URINU STANOVNIŠTVA

REZIME U radu su date vrednosti sadržaja urana u urinu stanovništva sa područja Beograda, Kolubare i Prokuplja, određivane lasersko-fluorometrijskom metodom. Dobivene vrednosti kretale su se u opsegu od 0,2 - 1,4 μg U/l urina.

UVOD

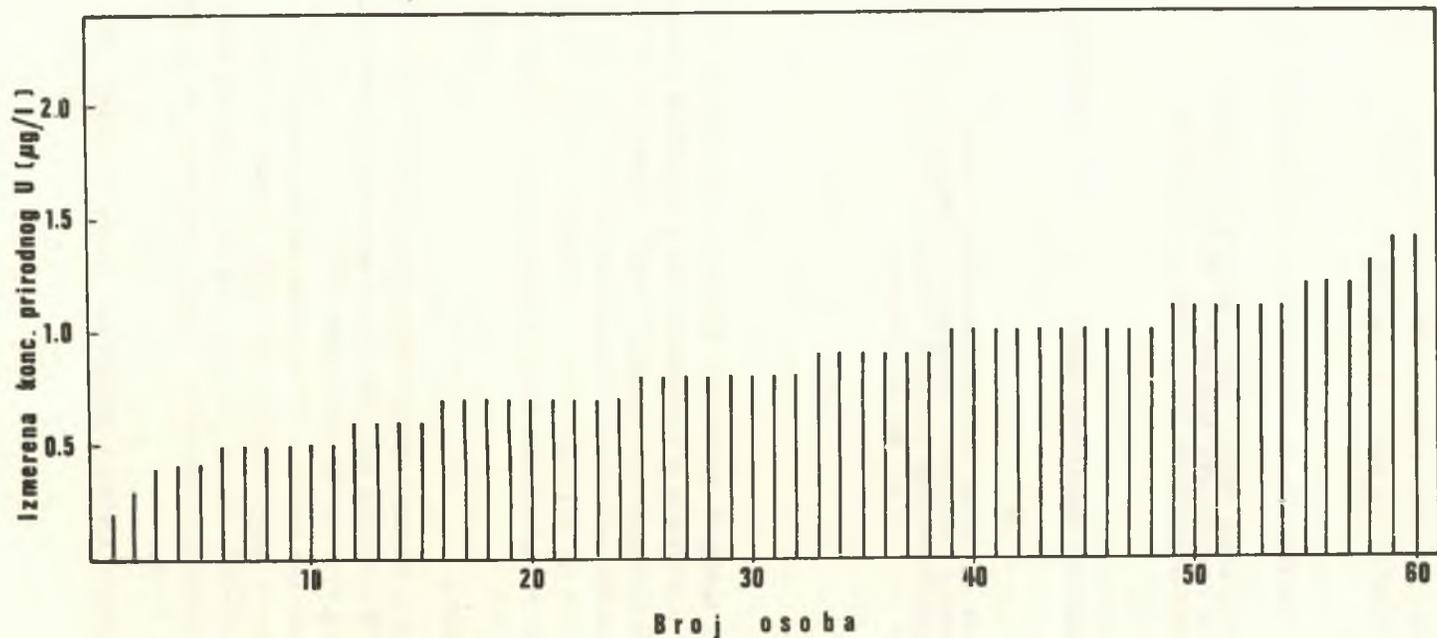
Nivoi urana u urinu kod profesionalno neekspoziranih osoba, znatno se razlikuju u zavisnosti od geografske lokacije i sadržaja urana u konzumiranoj hrani i vodi. Prema literaturnim podacima ove vrednosti se nalaze u opsegu od 0,03 - 0,3 μg U/l urina (1); 0,04 - 0,18 μg U/l (2); 0,6 - 1,4 μg U/l (3); 7 μg U/l (4), a u područjima sa povećanim sadržajem prirodne radioaktivnosti i do 37 μg U/l (3).

REZULTATI MERENJA

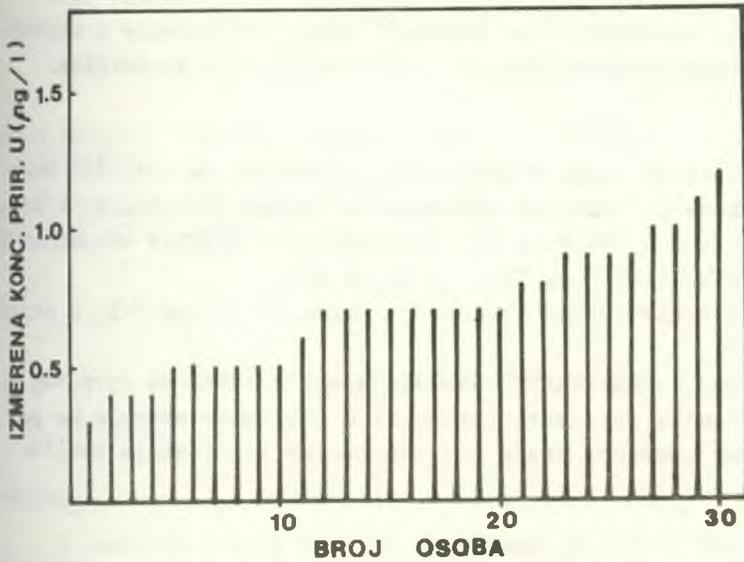
Sadržaj urana u urinu određivan je kod profesionalno neekspoziranih stanovnika sa područja Brograda, Kolubare i Prokuplja (starosne grupe od 25 do 55 godina).

Primenjena metoda (5) zasniva se na merenju fluorescencije na instrumentu UA-3 URANIUM ANALYSER, Firme Scintrex, Ontario, Canada. Osetljivost metode je 0,05 μg U/l. Tačnost merenja je $\pm 15\%$ za koncentracije urana do 1 μg /l rastvora, a za veće koncentracije urana $\pm 5\%$.

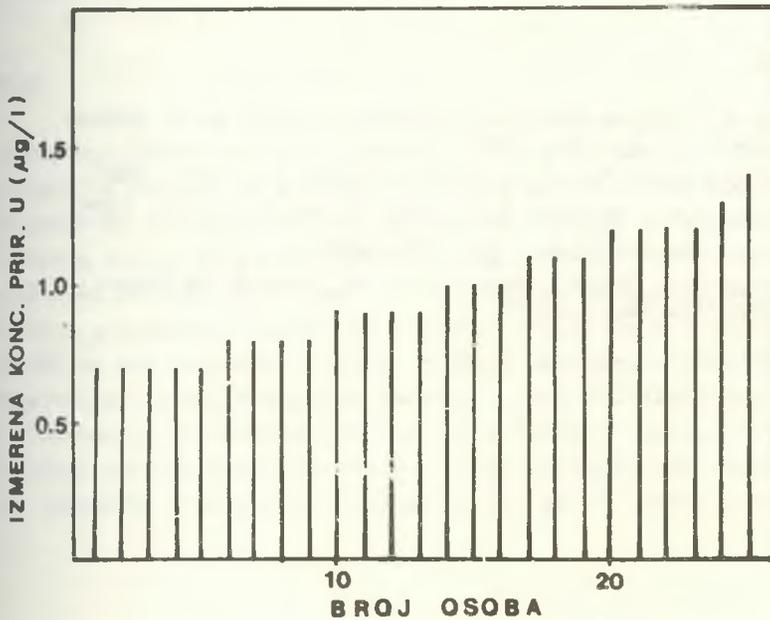
Rezultati merenja prikazani su na Sl. 1,2 i 3.



SI.1. Koncentracija prirodnog urana u urinu kod stanovnika sa teritorije Beograda



SL.2. KONCENTRACIJA PRIRODNOG URANA U URINU KOD STANOVNIKA SA TERITORIJE KOLUBARE



SL.3. KONCENTRACIJA PRIRODNOG URANA U URINU KOD STANOVNIKA SA TERITORIJE PROKUPLJA

Dobiveni rezultati nisu pokazali znatno odstupanje u koncentracijama urana u urinu između ispitivanih grupa stanovnika.

ZAKLJUČAK

Koncentracije urana u urinu kod stanovnika sa područja Beograda, Kolubare i Prokuplja nalaze se u opsegu od 0,2-1,4/ug U/l, 0,3-1,2/ug U/l i 0,7-1,4/ug U/l, respektivno. Srednje vrednosti iznose 0,81/ug U/l, 0,68/ug U/l i 0,96/ug U/l.

Najniža registrovana vrednost u urinu je 0,2/ug U/l, a najviša 1,4/ug U/l.

S obzirom na zavisnost sadržaja urana u urinu od njegovog dnevnog unošenja, rezultati prikazani u ovom radu ukazuju na povećano dnevno unošenje urana kod stanovnika ispitivanih teritorija.

Summary

THE CONTENT OF NATURAL URANIUM IN THE URINE OF THE POPULATION. Uranium content of urine samples of the population on the territory of Belgrade, Kolubara and Prokuplje was analyzed. The obtained results were in the range of 0.2-1.4/ug U/l of urine.

LITERATURA

1. Welford G.A., Alercio J.S., and Morse R.S., Amer. Ind. Hyg. Assoc. J. 21, 68, 1960.
2. Welford G.A. and Baird R., Health Phys. 13, 1321, 1967.
3. Svyatkina N.S., Novikov Y.V., Gig. i San.No 1, 43, 1975.
4. Wing J.F., Health Phys., 11, 731, 1965.
5. Castledine C., CC/cc, Measurement of Uranium in Urine, Scintrex, Canada, 7, 1978.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983.

Manda Maračić, Marija Baumštark, Nevenka Lokobauer,
Alica Bauman

Institut za medicinska istraživanja i
medicinu rada, Zagreb

ODREĐJIVANJE Sr-90 U LJUDSKIM KOSTIMA

SAŽETAK

U uzorcima ljudskih kosti analiziran je Sr-90, koji se određivao radiokemijski ekstrakcijom pomoću tributil fosfata. Uzorci su se dobivali sa šireg područja SR Hrvatske, a analizirale su se bedrena kost i kralježnica.

Usporede li se rezultati od 1976-1981. godine omjer V/D kod odraslih osoba opada sa starošću, dok su razlike između pojedinih godina statistički nevažne.

UVOD

Radioaktivni Sr-90 predstavlja fisioni produkt iz grupe zemnoalkalijskih metala sa vremenom poluraspada $T_{1/2} = 27,7$ godina. Uz Pb-210, Ra-226, Sr-90 je najjače toksičan izotop. Prirodni Sr je smjesa četiri izotopa stroncija, koji se u ljudskom organizmu ponaša slično kao i kalcij. Zbog svoje velike sličnosti sa kalcijem, njegov ionski radius omogućuje da Sr-90 zamjeni u organizmu kalcij te se trajno deponira u kostima. Budući da svi radionuklidi koji nastaju nuklearnom fisijom dospjevaju u zemljište preko padavina, to i količina radioaktivnog stroncija u ljudskim kostima (1) u velikoj mjeri ovisi od količine koja se u organizam unosi hranom. Unošenjem radioaktivnog stroncija u organizam hranom, stvara se ravnoteža između

stroncija u hrani i kostima.

Svrha ovog rada bila je usporedba depozicije Sr-90 u bedrenoj kosti i kralježnici te evaluacija podataka za razdoblje od 1976-1981.

PRIPREMA UZORAKA

Uzorci kosti koji potječu od zdravih osoba, naprasno umrlih, odvojeni su od mesa, spaljuju se u mufolnim pećima na temperaturi od 800 °C. Tako mineraliziran alikvotni dio se otapa u dušičnoj kiselini 1:1, te se Y-90 ekstrahira pomoću tributilfosfata, taloži kao oksalat i izmjeri u GM antikoincidentnom brojaču. Iz Y-90 se izračuna koncentracija Sr-90 (2).

Za preračunavanje rezultata analize (mBq Sr-90/gCa), po svakom uzorku pepela, uz Sr-90 odredjen je i kalcij taloženjem kao oksalat.

REZULTATI

U uzorcima ljudskih kosti Sr-90 je odredjen ekstrakcijom pomoću tributilfosfata. Do 1980. godine analizirana je bedrena kost, a od 1980. i kralježnica. Uzorci su dobiveni sa šireg područja SR Hrvatske, a analizirane su uglavnom kosti muškaraca jer je lakše do njih doći. Starosna dob kretala se od 18-69 godina.

U tabeli 1. dat je prikaz ukupnih srednjih godišnjih koncentracija Sr-90 za prosječne godine starosti i kreće se od 43,84-78,22 mBq/gCa. Za posljednje dvije godine 1980-81. izračunat je prosječni omjer V/D koji ima u prosjeku tendenciju porasta, makar pojedinačne vrijednosti tokom godina opadaju.

Tabela 2. prikazuje rezultate testiranja srednjeg godišnjeg omjera V/D za 1980 (\bar{x}_1) i 1981 (\bar{x}_2) za sve uzorke i one uzorke > 40 godina.

Tabela 3. prikazuje rezultate testiranja bedrene kosti (\bar{x}_1) i kralježnice (\bar{x}_2) za 1980 i 1981. godinu.

Iz dobivenih rezultata analize može se reći da su uzorci aktivniji kod mlađjih osoba i kreću se od 150,59 (24 g) do 35,15 (69 god.) mBq/gCa za bedrenu kost u 1976. godini.

Prosječna godišnja vrijednost je 61,42 mBq/gCa.

Prosječna koncentracija Sr-90 tokom godina opada, da bi se 1980. god. kretala od 22,94 - 95,46 mBq/gCa ($\bar{X}=43,84$).

U TABELI 1. prikazane su srednje godišnje vrijednosti koncentracije Sr-90 (mBq/gCa) u bedrenoj kosti i kralježnici.

TABELA 1.

God	Starost \bar{X}	Vrsta kosti	mBq/gCa	Vrsta kosti	mBq/gCa	Omjer V/D
1976.	46	bedrena	61,42	kraljež.	-	-
1977.	39	"	78,22	-	-	-
1978.	37	"	49,08	-	-	-
1979.	30	"	71,68	-	-	-
1980.	38	"	43,84	-	44,83	1,02
1981.	33	"	52,25	-	59,06	1,13

V/D - Omjer koncentracije Sr-90 u kralježnici (V) i bedrenoj kosti (D)

TABELA 2. prikazuje rezultat testiranja omjera V/D za 1980-1981.

STAROST GOD.	\bar{X}_1	\bar{X}_2	s_1	s_2	t_0	$P/t/>t_0$
23-48	1,31	1,28	0,601	0,508	0,093	$0,9 < P/t/ < 1,0$
>40	1,62	1,91	0,350	0,0005	1.100	$0,3 < P/t/ < 0,4$

TABELA 3. prikazuje rezultat testiranja bedrene kosti (\bar{X}_1) i kralježnice (\bar{X}_2)

GOD.	STAROST	\bar{X}_1	\bar{X}_2	s_1	s_2	t_0	$P/t/>t_0$
1980.	23-48	43,84	44,83	32,22	13,62	0,069	$0,9 < P/t/ < 1,0$
1981.	20-45	52,25	59,06	20,29	12,31	0,703	$0,4 < P/t/ < 0,5$

V - vertebrae

D - femoral diaphyses

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Rezultate analize pokušalo se statistički obraditi testiranjem pomoću t- testa za k stupnjeva slobode.

Uspoređujući dvije aritmetičke sredine može se pokazati da standardne devijacije aritmetičkih sredina dvaju mjerenja nisu statistički značajne.

Iz tabele 2. vidi se da testirani omjer V/D za 1980-81 godinu nema signifikantnosti jer je $0,9 < P/t < 1,0$, pa ni signifikantnost omjera V/D za uzorke > 40 nije značajna mada je $0,3 < P/t < 0,4$ jer je u oba slučaja $P/t > 0,05$.

Testiranjem bedrene kosti i kralježnice iz jedne godine (tabela 3), pokazuje se da ni ova razlika između dvije aritmetičke sredine nije statistički značajna jer je pouzdanost $0,9 < P/t < 1,0$.

Na osnovu iznesenih podataka može se zaključiti da koncentracija Sr-90 mnogo ne ovisi o vrsti kosti, nego prvenstveno o količini stroncija koja se unosi u organizam preko hrane, te deponira u kostima za dulji period.

SUMMARY

DETERMINATION OF Sr-90 IN HUMAN BONES

Sr-90 concentrations were determined in samples of human bones by radiochemical extraction with tributyl phosphate. The bone samples (femur and spine) were collected from the broader territory of the republic of Croatia.

Comparison of the results obtained in the period from 1976 to 1981 shows the V/D ratio in adults to diminish with age and the differences between the years to be statistically non-significant.

Institute for Medical Research and Occupational Health,
Zagreb

LITERATURA

- (1) SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION
United Nations Scientific Committee on the Effects of
Atomic Radiation
1977 report to the General Assembly, with annexes
- (2) Sr-90 concentration in human bones. The ratio of spongi-
ous Compact bone in relation to age and time.
Z.Brezik, D.Brezikova, E.Kunz and L.Namestek
Department of Radiation Hygiene, Institute of Hygiene and
Epidemiology Prague, Czechoslovakia.
- (3) A.Bauman, N.Franić i M.Baumštark
Kretanje Sr-90 u životinjskim kostima, Veterinaria,
27 4(1978) 505.
- (4) A.Bauman, N.Franić, M.Baumštark and V.Popović
Sr-90 in the Human bone
Health Physics Pergamon 1977. Vol. 32 (April) p.p. 318-321.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Jadranka Kovač, Mirica Bajlo, Alica Bauman

Institut za medicinska istraživanja i
medicinu rada, Zagreb

^{210}Pb U LJUDSKOM URINU RADNIKA IZLOŽENIH TEHNOLOŠKI
PROIZVEDENOJ PRIRODNOJ RADIOAKTIVNOSTI

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja količine olova-210 u urinu radnika koji rade u termoelektranama na ugljen.

Paralelno je određivana koncentracija ^{210}Pb u urinu nekontaminiranih osoba, tzv. "kontrolne grupe". Vrijednosti ^{210}Pb u kontrolnoj grupi oduzete su od koncentracije ^{210}Pb u urinu ispitivanih radnika kao fon. Samo vrijednosti iznad toga uzete su u obzir kao kontaminacija.

UVOD

Olovo-210 je kao potomak uranovog niza jedan od najvažnijih prirodno nastalih radionuklida u okolišu. Zbog dugog vremena poluraspada (22,2 godine) zadržava se i nakuplja u ljudskom organizmu, osobito u kostima. Glavni izvor ekspozicije je ingestija, osim kod radnika koji su izloženi tehnološki uvjetovanoj prirodnoj radioaktivnosti, gdje znatan dio olova ulazi u organizam inhalacijom. Biološko vrijeme zadržavanja olova-210 u organizmu iznosi 70 dana za cca 25 % olova, dok se 75 % olova zadržava oko 10 godina (1).

Tehnološki uvjetovana prirodna radioaktivnost u ugljenima i šljaki termoelektrana otkrivena je u znatno višim koncentracijama nego što su prosječne vrijednosti (1-2 ppm urana i 1-3 ppm torija). Nas je posebno zanimalo kako tako povišena radioaktivnost utječe na organizam zaposlenih osoba izloženih djelovanju potomaka urana.

EKSPERIMENTALNI DIO

Umjesto klasičnog mokrog spaljivanja, istaloženo je olovo direktno iz urina kao fosfat. Daljnjim postupkom dobije se olovni kromat. Nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između ^{210}Pb i ^{210}Bi (30 dana) uzorak se mjeri u GM brojaču (2).

Testirane su dvije grupe - "kontrolna grupa" koja je opisana na drugom mjestu (3) i "test grupa" sastavljena od osoba profesionalno izloženih niskim dozama zračenja potomaka urana u termoelektrani na ugljen.

REZULTATI I DISKUSIJA

U TAB. 1. obradjeno je 17 osoba profesionalno izloženih niskim dozama zračenja potomaka urana i to obzirom na dužinu zaposlenja u termoelektrani.

Od svih vrijednosti za ^{210}Pb u navedenoj tablici već je odbijena srednja vrijednost od $39 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$, koju je pokazala kontrolna grupa.

TAB. 1. Koncentracija ^{210}Pb u urinu radnika izloženih tehnološki proizvedenoj prirodnoj radioaktivnosti

Broj ispitanika	Godine zaposlenja	^{210}Pb (mBq.l ⁻¹)
1	24	215
2	20	265
3	10	176
4	7	70
5	6	27
6	6	14
7	4,5	66
8	3	524
9	3	70
10	3	535
11	3	159
12	2,5	263
13	2	121
14	2	80
15	2	85
16	2	22
17	2	17

ZAKLJUČAK

Prema našim istraživanjima možemo zaključiti da količina olova-210 u urinu izloženih osoba ne ovisi bitno o dužini zaposlenja u termoelektrani, već o radnom mjestu.

SUMMARY

DETERMINATION OF ^{210}Pb IN THE URINE OF WORKERS EXPOSED TO TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURAL RADIOACTIVITY

The results of the determination of Pb-210 content in the urine of workers employed in coal-fired thermo-electric power plants are presented.

Concurrently, Pb-210 concentrations were determined in the urine of non-contaminated persons who were taken as controls. The control Pb-210 values were subtracted from the Pb-210 concentrations in exposed workers as background radioactivity. Only the values in excess of the difference were considered indicative of contamination.

LITERATURA

- (1) S.C.Black and G.Saccomanno: Correlation of Radiation Exposure and Lead-210 in Uranium Miners, Health Physics, Vol. 14 (1968) 81.
- (2) A.Bauman i M.Petrozzi: ^{210}Pb i ^{226}Ra u ljudskoj mokraći, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Vol. 27 (1976) 225.
- (3) A.Bauman and Dj.Horvat: The Impact of Natural Radioactivity from a Coal-fired Power Plant, The Science of the Total Environment, 17 (1981) 75.

IZLOŽENOST MALIM DOZAMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA I NALAZ POJEDINIH
ELEMENTATA PREGLEDA ZDRAVSTVENOG STANJA

P.Čremošnik-Pajić, R.Pece, N.Mačvanin, J.Ardeljan

R E Z I M E

Uradjena je analiza pregledanih elemenata krvi kod 166 zdravstvenih radnika koji su pri svom radu svakodnevno izloženi uticaju malih doza jonizujućih zračenja i kod 447 radnika kontrolne grupe, zaposlenih u rafineriji nafte. U grupi zdravstvenih radnika nadjeno je smanjenje broja leukocita ispod 4,0 G/l kod 4,32%, pomeranje diferencijalne krvne slike u smislu pojave limfocitoze u 25,3% i izražena malokrvnost u 5,42% slučajeva. Razlike su statistički veoma značajne ($\chi^2 = 33,29$ $P < 0,01$). Pojava blage malokrvnosti je karakteristika kontrolne grupe radnika a nadjena je i kod eksponiranih radnika u 29,51% slučajeva što isto tako potvrđuje uticaj malih doza jonizujućeg zračenja na njenu pojavu. Konstatovane su promene kapilaroskopskog nalaza i promene kože. Nadjena odstupanja u nalazima zdravstvenog stanja upućuju na potrebu rigoroznije primene mera zaštite na radu.

U V O D

Biološki efekti malih doza jonizujućeg zračenja relativno su malo poznati. A baš tim malim dozama jonizujućeg zračenja izložen je veći broj radnika koji pri obavljanju svog redovnog posla koriste izvore jonizujućeg zračenja ili poslove obavljaju u zoni jonizujućeg zračenja. Broj radnika koji se permanentno ili povremeno izlažu jonizujućim zračenjima u profesionalne svrhe svakog dana se povećava. Primena jonizujućeg zračenja u zdravstvu je veoma rasprostranjena, različiti su izvori jonizujućeg zračenja koji se primenjuju, različit je intenzitet tih izvora jonizujućeg zračenja koji se primenjuju u dijagnostičke, terapijske ili naučno istraživačke svrhe. Shodno tome je i lepeza profila zdravstvenih radnika koji su profesionalno izloženi jonizujućim zračenjima veoma široka. Veoma je različita mogućnost primene mera zaštite a one se različito primenjuju i na mestima gde se one mogu primenjivati.

U cilju sagledavanja uticaja malih doza jonizujućeg zračenja na zdravlje zaposlenih uradjena je analiza pojedinih elemenata krvi, kože i kapilaroskopskih nalaza u sklopu zdravstvenog stanja jedne grupe zdravstvenih radnika koji su pri svom poslu izloženi malim dozama jonizujućih zračenja.

METOD RADA

Shodno zakonu o zaštiti od jonizujućih zračenja (1) vršena je redovna kontrola zdravstvenog stanja radnika koji su izloženi jonizujućim zračenjima. Pregledom su obuhvaćeni elementi pregleda predviđeni Pravilnikom i vrednovanje nadjenih vrednosti je radjeno shodno kriterijumima u njemu (2). Istov remeno su u zdravstveni karton uneti podaci o frekvenciji i načinu izlaganja jonizujućim zračenjima, o vrsti i jaćini izvora jonizujućeg zraćenja kao i podaci o registrovanim primljenim dozama jonizujućeg zraćenja za prethodni period. Kontrolom zdravstvenog stanja obuhvaćeno je 443 radnika, a analizirana je grupa 166 pregledanih zdravstvenih radnika. Analizirano je 33 radiologa i lekara na specijalizaciji iz radiologije, 38 pneumoftiziologa i lekara na specijalizaciji iz pneumoftiziologije i 95 rtg tehničara. U grupu rtg tehničara svrstane su i medicinske sestre koje rade u kabinetima za radiologiju i pneumoftiziologiju na skopijama raznih organa. Signifikantnost je istestirana Jatež-ovom metodom korekcije X^2 testa po Pearson-u koja se koristi za testiranje malih brojeva. Kao kontrolnu grupu koristili smo nalaze 447 pregledanih radnika razlićitih zanimanja zaposlenih u rafineriji nafte (3). Radnici u rafineriji nafte izloženi su niskim koncentracijama smese ugljovodonika razlićitog broja ugljenika, a jonizujućim zraćenjima ne.

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Prosećna starost grupe ispitanika je 37,5 godina i kontrolne grupe 33,7 godina. Prosećna starost radiologa je 33,4, pneumoftiziologa 45,2 i grupe rtg tehničara 34,1 godina. Do 39 godina starosti je u grupi ispitanika 54,2%, a u kontrolnoj grupi 72,9% slućajeva. Znaćajno je da u dobnim grupama do 24 godine nemamo radiologa i pneumoftiziologa; obzirom da se na specijalizaciju odlazi tek nakon završenog medicinskog fakulteta i lekarskog staža. Iz podataka vidimo da imamo naroćito u grupi pneumoftiziologa relativno starije lekare i mali broj novih specijalizanata.

Prosećna dućina radnog staža u ispitanika je 15,8 godina i to u radiologa 10,5, pneumoftiziologa 18,8 i grupi rtg tehničara 16,7 godina. Prosećna dućina radnog staža kontrolne grupe iznosi 12,5 godina.

Prosečna dužina eksponiranog radnog staža u ispitanika je 11,7 godina, U radiologa 8,1, u pneumoftiziologa 15,8 i rtg tehničara 8,9 godina. U radiologa je najbrojnija grupa sa eksponiranim radnim stažom do 4 godine (15 ili 45,45%), a u pneumoftiziologa grupa od 20-24 godine (13 ili 34,21%).

Registrovane primljene doze jonizujućih zračenja kretale su se u granicama koje se označavaju sa T, u cifarskim vrednostima su izražene samo u pojedinačnim slučajevima. Prekoračenje maksimalno dozvoljive vrednosti godišnje doze nije zabeleženo ni u jednom slučaju.

Iz rezultata na tabeli 1 se vidi da je u grupi zdravstvenih radnika izloženih jonizujućim zračenjima nadjeno 8 (4,32%) slučajeva sa smanjenim vrednostima leukocita ispod 4,0 G/l, najviše u grupi pneumoftiziologa 5 ili kod 19,2% pregledanih i to kod onih sa dužim ekspozicionim radnim stažom (od 6 do 26 godina u proseku sa 15,9 godina), zatim u 2 radiologa ili kod 6,1% pregledanih, u jednog radiologa sa 18 godina eksponiranog radnog staža). U kontrolnoj grupi leukocitopenija nije zabeležena. Granične vrednosti leukocita nadjene su u 13 ili 7,8% pregledanih. Pomeranje u DKS u smislu limfopenije nadjena su u 4 slučaja i limfocitoze kod 41 ili 25,3% slučajeva. Smanjenje broja limfocita nadjeno je u grupi radnika sa dužim eksponiranim radnim stažom. Pomeranje u DKS kod kontrolne grupe nadjeno je u 3 ili 1,78 slučajeva, ali bez limfocitopenije. Smanjenje broja leukocita ispod 4,0 G/l i pomeranja u diferencijalnoj krvnoj slici pokazuju signifikantne razlike sa veoma visokom značajnošću ($\chi^2 = 83,29$ P 0,01).

Izražena malokrvnost nadjena je u 9 zdravstvenih radnika, odnosno u 5,42% slučajeva i to u grupi radnika sa eksponiranim radnim stažem od 5-26 godina, u proseku 17 godina. U kontrolnoj grupi izrazitih malokrvnosti nije bilo. Umerena malokrvnost nadjena je kod 49 ili 29% slučajeva, a u kontrolnoj grupi u 142 ili 31,76% slučajeva.

I kod smanjenja broja Er ispod vrednosti 3,5 G/l za žene i 3,3 T/l za muškarce potvrđena je statistički značajna razlika u odnosu na kontrolnu grupu.

Malokrvnost sa vrednostima eritrocita do 4,1 T/l kod žena i 4,5 T/l kod muškaraca nadjena je u posmatranoj grupi u 49 (29,51%), a kod kontrolne grupe u 142 (31,76%) slučajeva. Učestalost pojave u kontrolnoj grupi veća no u grupi ispitanika, ali razlika statistički nije zna-

čajna ni u jednom pravcu. Pojava blage malokrvnosti je karakteristika kontrolne grupe radnika u rafineriji nafte i ta činjenica indirektno ukazuje da je pojava blage malokrvnosti učestalija i kod radnika koji su izloženi jonizujućim zračenjima.

Trombocitopenija je nadjena kod 13 pregledanih ili u 7,8% slučajeva. Kod kontrolne grupe trombociti nisu ispitivani.

Kožne promene u smislu izraženog radiodermata nadjene su kod 6 pregledanih (radiolog, bronholog, radioterapeut, fiziko-hemičar u nuklearnoj laboratoriji, hirurg i sestra na bronhologiji), svi sa dužim eksponiranim radnim stažom. Suptilnije promene na koži i noktima evidentirane su kod većeg broja pregledanih.

Izrazite promene kapilaroskopskog nalaza nadjene su kod 10 pregledanih (kod već navedenih profila i kod dve sestre na radioterapiji i dva rtg tehničara), isto tako sa dužim eksponiranim radnim stažom. Kapilaroskopski su nadjene izrazite promene u morfologiji i broju kapilara. Nadjena je pojava aneurizama, anastomoza, stenozna, dilatacija, izvijuganost sa pojavom morula i sličnih formi, redukcija broja kapilarnih petlji, trošnost istih sa raspadom kapilara i pojavom ekstravasata, različitom prokrvljenošću podloge i hiperkeratozom. Mada promene na kapilarima nisu specifične za dejstvo jonizujućih zračenja one odražavaju posledice izloženosti njihovom dejstvu.

Z A K L J U Č A K

Analiza elemenata krvi kod grupe zdravstvenih radnika koji su svakodnevno izloženi uticaju malih doza jonizujućih zračenja pokazuje odstupanja od fizioloških vrednosti i pored toga što registrovanje primljene doze jonizujućeg zračenja ne prelaze MDD. Smanjenje vrednosti leukocita, pomeranje u diferencijalnoj krvnoj slici u smislu limfopenije i limfocitoze, i smanjenje broja eritrocita je kod grupe eksponiranih radnika statistički značajno (za limfocitozu $X^2=83,29$ $P>0,01$), što potvrđuje uticaj jonizujućeg zračenja na analizirane elemente krvi. Isto potvrđuje i nalaz evidentiranih promena na koži u smislu radiodermata i promene u nalazu kapilaroskopije.

Odstupanja od fizioloških vrednosti svih analiziranih elemenata mogu biti posledica najrazličitijih uzroka, izloženost jonizujućim zračenji-

ma je samo jedan od njih.

Navedene činjenice upućuju na potrebu što rigoroznije primene mera zaštite, pa i skraćivanja vremena ekspozicije malim dozama jonizujućeg zračenja, praćenje zdravstvenog stanja radnika izloženih malim dozama jonizujućeg zračenja i proučavanje razloga konstatovanih promena.

WEXPOSURE TO LOW DOSES OF IONIZING RADIATION AND FINDINGS OF SOME HEALTH STATUS EXAMINATION ELEMENTS

S U M M A R Y

We analyzed examined blood elements obtained from 166 health workers who were exposed to low doses of ionizing radiation every day while performing their work and from 447 workers employed in oil refinery, serving as controls. In the group of health workers, 4.82% of persons were found to have decreased number of leucocytes (below 4.0 G/l), lymphocytosis developed in 25.3% and distinct anemia was observed in 5.42% of cases. The differences are statistically very significant ($\chi^2 = 83.29$ P 0.01). Mild anemia appeared as characteristic of the control group, and it was also found in 29.51% of the exposed workers, thus confirming the influence of low doses of ionizing radiation on its occurrence. Changes of capillaroscopic findings were stated as well as skin changes. The above findings indicate necessity of more rigorous application of occupational safety measures.

L I T E R A T U R A

1. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, Službeni list SFRJ, broj 54, 1976.
2. Pravnik o smeštaju i stavljanju u promet izvora jonizujućeg zračenja, o stručnoj spremi, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja, Službeni list SFRJ, broj 27, 1977.
3. Mačvanin N.: Uslovi rada i profesionalne štetnosti u industriji za preradu nafte i njihov uticaj na zdravlje radnika, Novi Sad, 1981. - Magistarski rad, Novi Sad, 1981.

Tabela br. 1

ODSTUPANJA U NALAZU POJEDINIH ELEMENATA KRVI PREMA PROFILIMA RADNIKA
IZLOŽENIH JONIZUJUĆIM ZRAČENJIMA I KONTROLNE GRUPE RADNIKA

		Radiolozi		Pneumofti- ziolozi		Rtg tehni- čari		Ukupno		Kontrolna grupa	
L	od 4,0	2	6,1	5	13,2	1	1,0	8	4,3	-	-
Segn.	0,45	2	6,1	3	7,9	2	2,1	7	4,2	-	-
	0,75	2	6,1	-	-	1	1,0	3	1,8	-	-
Iy	0,20	1	3,0	3	7,9	-	-	4	2,4	-	-
	0,45	12	36,4	14	36,8	15	15,8	41	24,7	3	1,78
Er	3,5 Ž 3,5-4,1	1	3,0	4	10,5	2	2,1	7	4,2	-	-
	3,3 M 3,8-4,5	9	27,3	11	28,9	29	30,5	49	29,5	142	31,76
Tr	150,0	2	6,1	5	13,2	6	6,3	13	7,8	-	-
Hg ^o	120,0 Ž	3	9,1	2	5,3	3	3,2	8	4,8	-	-
	140,0 M										
UKUPNO PREGLE- DANIH:		33		38		95		166		447	

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983.

BESARABIĆ Milica

Laboratorija za medicinsku zaštitu "Radijaciona medicina"
Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič", VinčaSOMATSKI EFEKTI KOD HRONIČNE PROFESIONALNE
EKSPOZICIJE JONIZUJUĆIM ZRAČENJIMA

Da li se u kontrolisanim uslovima profesionalne ekspozicije jonizujućim zračenjima mogu naći promene na ljudskom organizmu, predmet je ovoga rada. Obradene su: numeričke vrednosti eritrocita i leukocita, kapilaroskopija, biomikroskopski pregled očnog sočiva i incidencija benignih tumora i malignih neoplazmi. Nema značajne razlike u somatskim efektima u grupama posmatranja i ako je ukupna ekspozicijna doza u istim grupama značajno različita.

Danas se koriste različiti dijagnostički testovi, kako bi se procenilo zdravstveno stanje ljudi profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja. Mnogi od njih imaju za cilj rano otkrivanje radijacionog oštećenja organizma, a medicinska zaštita se i bazira na želji da se blagovremeno interveniše. Ovim radom biće prikazani rezultati nekih testova, koji se dugi niz godina rutinski primenjuju u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči.

MATERIJAL I METODE

Metodom prospektivne epidemiološke studije obrađeni su rezultati pregleda 182 saradnika Instituta "Boris Kidrič", koji rade duže od 20 godina u ekspoziciji jonizujućim zračenjima. Obradeni su zaposleni oba pola, životnog doba od 41 do 60 godina.

Sve vreme rada posmatrana populacija je bila pod dozimetrijskom kontrolom i to do 1979. godine pod film dozimetrijskom, a posle toga pod termo-luminiscentnom dozimetrijom.*

Kako je ukupna ekspoziciona doza različita za pojedine grupe radnika, a u zavisnosti od radnih mesta, to je analiza testova rađena ponaosob za svaku grupu. Radi bolje preglednosti grupe su obeležene brojevima od 1 do 6 i to:

* Dozimetrijski podaci su obrađeni u Institutu "Boris Kidrič" pod rukovodstvom Mr Ivanke Mirić i Dr Mire Prokić.

- grupa br. 1. nuklearni reaktor RA gde ukupna ekspoziciona doza (UED) ide do 412,25 mGy
- grupa br. 2. je Laboratorija za proizvodnju radioaktivnih izotopa u kojoj je UED do 362,50 mGy registrovana na grudima, a 750,00 mGy na rukama
- grupa br. 3. je dekontaminacija, tretiranje RA otpada i dozimetrija, ukupna UED je do 361,50 mGy
- grupa br. 4. je metrologija RA izotopa i obračivanje materijala, ukupna UED je do 36,90 mGy
- grupa br. 5. je RTG aparatura, Co-60, Akcelerator, UED je do 39,12 mGy
- grupa br. 6. je hemijska analitika RA materijala, UED je do 64,85 mGy

U svim grupama doze su registrovane na dozimetrima, nošenim na levoj strani grudi, samo su u grupi br. 2 posebno registrovane doze i za ruke. Evidentirane godišnje doze do sada su bile ispod dozvoljenih za profesionalnu ekspoziciju. Prekoračenja mesečnih doza bila su retka i to pre više godina i samo kod radnika u grupama 1, 2 i 3.

Ovim radom obradjeni su sledeći testovi:

- numeričke vrednosti eritrocita i leukocita
 - kapilaroskopija
 - biomikroskopski pregled očnog sočiva
 - incidencija benignih tumora i malignih neoplazmi
- Hematološki podaci, dobijeni su standardnom metodom

brojanja.

Kapilaroskopija je radjena kapilaroskopom M 70-AT, a posmatrane su kapilarne petlje na korenu nokta prvog prsta obe šake. Pri ovome je posmatrana prokrvljenost lokalne sredine, broj kapilarnih petlji na 1 mm, izgled kapilarnih petlji, prisustvo ekstravazata i asimetričnost nalaza.

Pregled očnog sočiva vršen je u cilju otkrivanja katarakti, izgleda zamućenja sočiva, obimnosti zamućenja i simetričnosti nalaza.

REZULTATI I DISKUSIJA

Posmatrajući srednje vrednosti broja eritrocita i leukocita, dobili smo rezultate prikazane u tabeli br. 1.

PRIKAZ NUMERIČKIH VREDNOSTI ERITROCITA I
LEUKOCITA

grupe posmatranja	eritrociti *		leukociti *	
	♂	♀	♂	♀
1.	4,20±0,82		5,87±1,27	
2.	4,49±0,50	3,70±0,81	7,21±1,21	5,02±0,83
3.	4,38±0,97		7,29±1,82	
4.	4,52±0,85	3,95±0,62	7,52±0,92	6,11±1,28
5.	4,48±0,85	3,94±0,31	7,85±1,98	5,98±1,05
6.	4,53±0,75	3,79±0,23	5,82±0,42	4,95±0,85

* Vrednosti predstavljaju $\bar{x} \pm SD$. Eritrocite treba pomnožiti sa 10^{12} , a leukocite sa 10^9 , da bi se dobio broj na litar krvi.

Kao što se vidi, ne postoje značajne razlike ($p > 0,05$), ali je najniža vrednost eritrocita u grupi u kojoj je evidentirana najviša doza zračenja. Interesantno je ovde napomenuti da je do pre dve godine u ovoj grupi registrovano 15 hipohromnih anemija i da se intenzivnom medicinskom kontrolom i adekvatnom ishranom, stanje znatno popravilo, te sada imamo samo dva slučaja .

Broj leukocita je veoma varijabilna veličina, na koju utiču mnogi faktori, pa između ostalih i jonizujuće zračenje (1). U našem slučaju nema značajnijih varijacija u broju leukocita. Posmatrajući pojedinačno incipijentnu leukopeniju smo imali u 4 slučaja i to, dve iz grupe 2 i 2 slučaja iz grupe broj 6. U sva četiri slučaja evidentirane ukupne doze ozračivanja su bile manje od 10 mGy.

Koža je organ, koji je u profesionalnim uslovima najviše eksponiran zračenju, a naročito koža šake (Δ). Stoga je i najčešće profesionalno radijaciono oštećenje kože na tom mestu. U našem radu nismo našli makroskopske promene ni kod jednog ispitanika.

Kakav je kapilaroskopski nalaz, prikazano je u tabeli br. 2.

TABELA BR 2

PRIKAZ KAPILAROSKOPSKIH PROMENA

Opis	broj slučajeva po grupama posmatranja					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
osrednja prokrvljenost	13(23,6)	8(24,2)	5(15,6)	2(8,3)	Ø	2(8,6)
asimetrična redukcija kap. petlji		6(18,18)				
simetrična redukcija kap. petlji	2(3,63)	1(3,03)	1(3,02)			
ekstravazacija			1(3,02)			

* Vrednost u zagradama predstavlja %.

Asimetričan nalaz kapilarnih petlji na obe šake se danas smatra patognomoničnim za radijacioni efekat i kao što se vidi značajno je zastupljen u grupi u kojoj su ruke najviše izložene gama zračenju (3). U poslednje vreme su naročito ugrožene šake osoba koje rade na proizvodnji tehnecijum generatora i ovome se u buduće mora pružiti veća pažnja, jer se primena Tc u nuklearnoj medicini širi velikom brzinom.

Katarakta se smatra tipičnim somatskim efektom dejstva jonizujućeg zračenja na ljudski organizam. Kakva je incidencija katarakti u našoj populaciji prikazano je na tabeli Br 3.

TABELA BR 3

INCIDENCIJA CATARACTAE

Vrsta cataractae	broj slučajeva po grupama posmatranja					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Cataracta proffensionalis	1					
Cataracta praesenilis	2			2	1	
Cataracta traumatica					1	

Od svih evidentiranih, jedan slučaj je priznat kao profesionalna katarakta izazvana jonizujućim zračenjem. Ovaj jedan slučaj, dijagnostikovao je posle 20 godina rada u ekspoziciji, a evidentirana ukupna ekspoziciona doza ozračivanja bila je 44,18 mGy. Kako znamo da je katarakta nestohastički efekat zračenja, to je potrebna i određena absorbovana doza da se ona javi. Prema podacima u literaturi ova doza se kreće od 2000 mGy do 15000 mGy (4,5) za hroničnu ekspoziciju

Odmah pada u oči velika disproporcija u veličini evidentirane primljene doze i granične doze. Odgovor je dvojak: Ili evidentirana doza nije i stvarna primljena doza, ili ovo nije profesionalna katarakta. U momentu postavljanja dijagnoze, pacijent je imao 51 godinu i bavio se dozimetrijom i popravkom elektronskih uređaja.

Ostale evidentirane katarakte praćenjem kroz godine nemaju, za sada, evolutivni karakter.

Incidencija benignih i malignih tumora u posmatranoj populaciji, prikazana je na tabeli br. 4.

Kao što se vidi frekvencija nije u korelaciji sa primeljenom dozom ozračivanja. Dva slučaja malignih oboljenja je dijagnostikovano u posmatranoj populaciji. Kod pacijenta sa Dijagnozom Ca planocellulare linguae, ekspoziciona doza je bila na nivou fona i u svom radu negira da je pipetirala radioaktivni materijal ustima. Pušila je do 50 cigareta dnevno. Drugi slučaj Ca anaplasticum pulmonum, dijagnostikovano je kod pacijenta u 56. godini života, a ukupna ekspoziciona doza bila je 72 mGy. I on je bio pušač i pušio je do 40 cig. dnevno.

TABELA Br. 4

INCIDENCIJA BENIGNIH TUMORA I MALIGNIH NEOPLAZMI

Vrsta tumora	Broj obolelih po grupama posmatranja					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Struma euthyreotica	2	1	1	2	0	1
Struma Basedowi						2
Osteoma reg. parietalis capitis						1
Atheroma reg. metacarpalis						1
Fibroadenoma mammae	1					
Lypomathosis generalisata		1				
Meningeoma cerebri					1	
Ca planocellulare linguae						1
Ca anaplasticum pulmonis	1					

Rezimirajući sve posmatrane parametre, može se zaključiti da je izlaganje jonizujućim zračenjima u kontrolisanim uslovima, ostavilo traga, ali da nema značajne razlike u somatskim efektima i ako je ukupna ekspoziciona doza značajno različita.

SOMATIC EFFECTS IN THE CHRONIC PROFESSIONAL
EXPOSURE TO IONIZING RADIATION

The subject of this paper is to find out whether there are any changes taking place in the human body in the controlled occupational exposure to ionizing radiation.

The results were analysed by means of the prospective epidemiological study of 182 workers of the "Boris Kidrič" Institute employed for over twenty years on posts where the ionizing radiation exposure is the greatest.

This paper analyses: numerical values of the erythrocytes and leucocytes, capillaroscopy, biomicroscopic survey of the lens and the incidence of benign tumors and malignant ones.

Taking into consideration all the observations we can conclude that the chronic exposure to ionizing radiation had left a considerable trace. However, there was no significant difference in the somatic effects in the observed groups although there was a significant difference in their total exposure doses.

REFERENCE

1. NORWOOD W.D.: Health Protection of Radiation Workers, Charles Thomas, Springfield, Illinois, USA, 1975.
2. LENZ U., SCHÜTTMANN W., ARNDT D.: International Symposium on the Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vienna 1978.
3. EBERT M., HOWARD A. et al.: Current Topics in Radiation Research, Vol. X, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-New York-Oxford 1974.
4. BENDEL I., SCHÜTTMANN W., ARNDT D.: International Symposium on the Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vienna 1978.
5. Annals of the ICRP, 1.2.1977.

XII JUGOSLOVENSKI SINPOZIJIUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 OHRID, 31. maj - 3. juni 1983.

D. Hasanbašić, Z. Milošević, E. Horišić, R. Kljajić

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA
 S A R A J E V O

STRUKTURNE ABERACIJE
 KROMOZOMA U LIMFOCITIMA NAKON IN VIVO OZRAČIVANJA

REZIME

Kao eksperimentalni celularni materijal korišteni su limfociti koza koje su ozračene dozama od 2,00 i 2,60 Gy visokoenergetskim X zrakama od 4 MeV.

Dvadesetčetiri sata nakon ozračivanja obavljena je in vitro kultivacija limfocita po adaptiranoj Morchaedovoj tehnici. Numeričke i strukturne aberacije kromozoma analizirane su na prvim in vitro metafazama. Strukturna oštećenja kromozoma prezentirana su u vidu kromatidnih i kromozomskih aberacija.

U odnosu na neozračene jedinke oštećenja kromozoma ozračenih životinja brojčano i tipski se značajno razlikuju. S obzirom na primljene doze zračenja, razlika je u ukupnom broju strukturnih oštećenja, dok se tipski ne razlikuju.

U V O D

Ćelije limfocita u organizmu izloženom zračenju opasane su kao višemilionski mikro-dozimetri koji se konstantno kreću i izmjenjuju između cirkulirajuće krvi i ekstravaskularnih tkiva. Upravo ta neprestana dinamika limfocita omogućuje da se čak i djelomična izloženost organizma jonizirajućem zračenju registruje kao promjena u strukturi kromozoma (1). U krvotoku se limfociti nalaze uglavnom Go i GI fazi ćelijskog ciklusa (2) DNK u ćeliji limfatične loze svakako je kritična meta jonizirajućeg zračenja. Zračenje takvih ćelija rezultiraće nastankom kromozomskog tipa aberacija (3-5).

Materijal i metode rada

U eksperimentu su obuhvaćene 24 koze muškog pola prosječne starosti dvije godine i težine 25-28 kg. Zračenje je obavljeno linearnim akceleratorom od 4 MeV.

Životinje su podijeljene u dvije eksperimentalne grupe od po 12 jedinki (grupa A i B). Grupa A je ozračena dozom od 2,00 Gy, a grupa B dozom od 2,60 Gy visokoenergetskih X zraka. Kao kontrola služile su predepozicijske vrijednosti, tj. svakoj životinji uzimana je krv neposredno prije zračenja. Nalazi tih "0" uzoraka predstavljaju kontrolne podatke. 24 sata nakon zračenja uzimana je krv ozračenih životinja. Na 48 satnoj kulturi limfocita obavljena je analiza kromozomskih aberacija.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati prikazani su na tabeli 1 i 2. Evidentno je da su na kontrolnim "nultnim" uzorcima svih testiranih životinja (grupa A i B) prisutne kromatidne lezije tipa gap i lom. Takva kromatidna oštećenja u rasponu od 1-2% analiziranih ćelija predstavljaju tehničku pozadinu. 24 sata nakon zračenja, pored kromatidnih lomova, prisutni su kromozomski lomovi, acentrični fragmenti, minute, kao i specifične translokacije, što jasno upućuje na relaciju uzrok - posljedica.

Strukturalna oštećenja kromozoma kod koza ozračenih sa 2,00 Gy (x za grupu A)

Tabela 1.

Sati nakon zračenja	Analizirane ćelije	Strukturalne aberacije kromozoma (po ćeliji)							
		kromatidne			Kromozomske			tetra- i polipl.	% abera- cije
		GAP	LOM	LOM	ACENTRIK.	MINUTE	BICENT.		
0	198	0,0050	0,0066	0,0033	0,0016	0,0050	0	0	1,62
24	179	0,0050	0,0066	0,010	0,0066	0,0041	0,07	0,010	11,49

Struktura oštećenja kromozoma kod koza
ozračenih sa 2,60 Gy (X za grupu B)

Tabela 1.

Sati nakon zračenja	Analizirane ćelije	Strukturne aberacije kromozoma (po ćeliji)							Tetra plo. i poli-plo.	% aberacije
		KROMATIDNE			KROMOZOMSKE					
		GAP	LOM	LOM	ACENTRIM	MINUTE	BICENTR			
0	200	0,0025	0,01	0,0025	0,00083	0,00083	0	0,00083	1,12	
24	143	0,0092	0,0075	0,0066	0,0041	0,0083	0,16	0,0092	18,96	

Broj bicentrika u grupi A iznosi 0,07 , a u grupi B 0,16.

U grupi životinja B ozračenih sa 2,60 Gy u odnosu na grupu A ukupni procenat aberacija je viši i iznosi 18,98%. Analizom specifičnih aberacija kakvi su bicentrici, takodje je uočeno signifikantno povećanje, koje iznosi 0,16 u odnosu na grupu A. U grupi B uočava se i znatno veća prisutnost i ostalih specifičnih kromozomskih promjena.

ZAKLJUČAK:

Iz ovih podataka se vidi da se povećavanjem primljene doze zračenja povećava broj kromozomskih aberacija, što može u specifičnim uvjetima poslužiti u biodozimetrijske svrhe.

SUMMARY

The lymphocytes of goats being exposed to the radiation of 2,00 and 2,60 Gy doses of highly energetic x-rays of 4 MeV have been used as the experimental cellular material.

Twenty four hours after the radiation there has been performed the in vitro cultivation of the lymphocytes according to the adapted Marchaedi's technique. Numerical and structural aberrations of chromosomes have been analysed on the first in vitro metaphases. Structural damages of chromosomes are presented as chromatide and chromosome aberrations.

Comparing to the unirradiated individuals the chromosome damages in the radiated animals are significantly differing in number and in type. As regards to the received dose of radiation, the difference is in the total number of structural damages, while there is no difference in type.

LITERATURA:

1. Kvitko O.V.
Radiobiologija XXI, 2,314 - 317. 1981.
2. Le Go R.
Pro.Int. S. Sc., Cavtat, 1971.
3. Buckton K.E., and Evans H.J.
World Health Organization Geneva, 1973.
4. Pohl- Ruling, J. Fiscer, P.Pohl, E.
Int. symp. on the late biol. effects of ionizing radiation, Viena, Austria, 13 - 17 March 1978.
5. Klačterska, I. Natarajan, A.T. Ramel, C.
Hereditas, 83 (1976) 153.
6. A.Leonard, G.B. Gerber, D.G. Papoworth, G.Decat, E.D.Leonard and Gh Deknudd
Mutation Research, 36, 319 - 332 (1976)

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31. maj - 3. jun 1983

ČRNIVEC, R. in S. MODIC

Univerziteti klinički centar u Ljubljani, o.sub.o.

OOOR Univerziteti institut za medicinu rada,

saobraćaja i sporta Ljubljana, o.sub.o.

Ljubljana, Korytkova ul. 7

OCENA UPOTREBLJIVOSTI PREGLEDA: HROMOZOMSKIH OZLEDA
U LIMFOCITIMA, BINUKLEARNIH LIMFOCITA I KAPILAROSKOPIJE

REZIME: S obzirom na jugoslovenske propise koji su na snazi i koji u određenim slučajevima zahtevaju preglede: hromozomskih ozleđa u limfocitima, binuklearnih limfocita i kapilaroskopije, na osnovu mišljenja inostranih i naših stručnjaka, smatramo:

- pregledi binuklearnih limfocita i kapilaroskopija su kao biološki dozimetri premalo osetljivi i specifični da bi bili u upotrebi kao obavezni, ali bi mogli biti samo kao fakultativno-pomoćni;
- pregledi hromozomskih ozleđa u limfocitima periferne krvi /analiziraju se najmanje 200 ćelija na jedno lice/ treba da budu obavezni samo kod jednokratnog zračenja celog tela dozom preko 0,10 Sv /akcident/, a u svim ostalim slučajevima koje propisuje pravilnik, vršili bi se samo fakultativno;
- treba izmeniti Savezni pravilnik o stručnom obrazovanju, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja smeju da rade sa izvorima jonizirajućih zračenja /Sl. list SFRJ br. 27/77/.

1. UVOD

. Na osnovu mišljenja inostranih i naših stručnjaka, u ovom prilogu želeli bi da kritički ocenimo upotrebljivost pregleda hromozomskih ozleđa u limfocitima, binuklearnih limfocita i kapilaroskopije, koje zahteva važeće jugoslovensko zakonodavstvo sa područja zaštite od izvora jonizirajućeg zračenja u određenim slučajevima.

2. PRIMEŃA PREGLEDA HROMOZOMSKIH OZLEDA U LIMFOCITIMA, BINUKLEAR- NIH LIMFOCITA I KAPILAROSKOPIJE U NEKIM STRANIM DRŽAVAMA

Okvirni zaključci interdisciplinarne grupe stručnjaka, koja je u vezi sa kompleksnom zaštitom radnika i okolnog stanovništva od izvora jonizirajućeg zračenja /JZ/ u novembru 1979. godine obišla: nuklearne električke centrale Doel /Belgija/ i Ringhals /Švedska/, Medicinski centar Moll /Belgija/ i "Institut für Strahlen Hygiene" u Minhenu jesu:

- ni u belgijskom, ni u švedskom, a ni u nemačkom zakonodavstvu sa područja kompleksne zaštite od izvora JZ pomenuta tri pregleda nisu obavezna. Mogu se vršiti samo na zahtev lekara /na primer, kod akcidenta/ /2/. Inače, pregled hromozomskih ozleda upotrebljavaju samo u istraživačke i razvojne svrhe;
- po mišljenju stručnjaka pomenutih institucija i pregled binuklearnih limfocita i kapilaroskopski pregled nisu dovoljno osetljivi biološki dozimetri, pomoću kojih bi mogli pouzdano i punovažno oceniti primljenu dozu zračenja. Prema tome, oba su pomoćna i vrše se fakultativno;
- ispitivanje hromozomskih ozleda u limfocitima periferne krvi služi kao osetljiv i pouzdan biodozimetar primljene doze samo kod akutne /naročito akcidentalne/ ekspozicije celog tela zatvorenim ili otvorenim izvorom jonizirajućeg zračenja /1,2/.

Poznato je da je tako primljeno doza zračenja u uskoj korelaciji sa primljenim dozom, izračunatom pomoću fizikalne dozimetrije /1/. Pouzdanost rezultata zavisi od dovoljno velikog broja analiziranih ćelija /200 - 1000 limfocita/ u metafazi ćelijskog ciklusa. Inače, kod hronične profesionalne ekspozicije jonizirajućem zračenju kod eksponiranih radnika može se uočiti veći broj hromozomskih ozleda nego kod neeksponiranih, ali broj nije u uskoj vezi sa akumuliranom dozom /1/. Dakle, upotrebljivost metoda ispitivanja je fakultativna.

3. OCENA UPOTREBLJIVOSTI PREGLEDA HROMOZOMSKIH OZLEDA U LIMFOCITIMA, BINUKLEARNIH LIMFOCITA I KAPILAROSKOPIJE U NAŠOJ ZEMLJI

Savezni pravilnik /4/ u članu 10. pod tačkom 6. propisuje ispitivanje binuklearnih limfocita, pod tačkom 7. kapilaroskopska

ispitivanja za radnike koji su izloženi "IKS" i "GAMA" zracima i pod tačkom 8. ispitivanje hromozomskih ozleda u limfocitima. U članu 11. pod tačkom 2. prva dva navedena ispitivanja vrše se jedanput u toku dve godine, a ispitivanja hromozomskih ozleda pod tačkom 3. vrše se:

- u prvoj godini rada sa izvorima jonizirajućih zračenja i svake pete godine, ako ukupna u toku pet godina primljena doza ozračenosti prelazi 0,05 Sv, odnosno 0,10 Sv za radnike koji rade u nuklearnim električnim centralama i kod drugih nuklearnih uređaja;
- ako kumulativna ozračenost radnika u rudnicima urana u toku pet godina prelazi 30 WLM;
- ako je radnik odjedanput ozračen većom dozom od 0,05 Sv.

Član 12. istog pravilnika u četvrtoj alineji propisuje kao normalnu vrednost najviše 3 binuklearna limfocita na 10000 leukocita i u petoj alineji kao normalnu vrednost hromozomskih ozleda u limfocitima najviše dvostruku prosečnu vrednost za stanovništvo.

3.1. Zaključci sastanka međurepubličke interdisciplinarnе grupe, koja se u vezi sa pomenutom problematikom sastala 25. juna 1980. godine u Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti u Zagrebu, sledeći su:

- prosečne vrednosti hromozomskih ozleda u limfocitima periferne krvi za jugoslovensku populaciju nemamo;
- kod radnika pre početka rada sa izvorima JZ treba da se izvrši ispitivanje hromozomskih ozleda u limfocitima periferne krvi;
- kod svakog lica treba da se analizira bar 200 ćelija u mitozu /1/;
- za okvirnu normalnu vrednost hromozomskih ozleda treba da se smatra: do 6% hromatidnih oštećenja i do 2 % strukturnih hromozomskih ozleda /gap, lom bez translokacija/;
- sve ostale vrednosti su patološke i privremeno /za period od 6 meseci/ nespojive su sa radom u zoni JZ, odnosno kancerogenih agenasa;
- posle 6 meseci potrebna je ponovna hromozomska analiza i ocena;
- u slučaju akcidenta kod jednokratnog zračenja sa dozom preko 0,05 Sv isto tako je potrebna hromozomska analiza;
- kapilaroskopski pregled i pregled binuklearnih limfocita nisu dovoljno osetljivi biološki dozimetri i treba da se upotrebljavaju samo fakultativno.

3.2. Zaključci međurepubliške interdisciplinarne grupe na osnovu diskusije za okruglim stolom na temu "Ocena radne podobnosti i radne sposobnosti radnika koji rade u zoni jonizujućeg zračenja", održanim u Institutu za zdravstvenu zaštitu u Novom Sadu dana 1.VI.1982. godine, sledeći su:

- kod radnika pre stručnog osposobljavanja za rad sa izvorima JZ i pre početka redovnog rada sa izvorima JZ treba da se izvrši ispitivanje hromozomskih ozleda u limfocitima periferne krvi;
- ispitivanje binuklearnih limfocita treba da se vrši samo u slučaju indikacije;
- kapilaroskopski pregled treba da se izvrši na prethodnim zdravstvenim pregledima i svake godine kod onih koji dolaze u direktan snop jonizujućeg zračenja.

4. OCENA REZULTATA PREGLEDA HROMOZOMSKIH OZLEDA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI, DOBIJENIH PRILIKOM PREVENTIVNIH ZDRAVSTVENIH PREGLEDA RADNIKA NUKLEARNE ELEKTRIČNE CENTRALE KRŠKO U 1979. i 1980. GODINI

U Dispanzeru za zdravstvenu zaštitu od izvora JZ Univerzitetskog instituta za medicinu rada, saobraćaja i sporta Univerzitetskog kliničkog centra u Ljubljani, u toku 1979. i 1980. godine preventivno zdravstveno smo pregledali 123 radnika Tehničkog sektora Nuklearne električne centrale Krško. Među pregledanima bilo je 121 muskarac i 2 žene. Hromozomska ispitivanja izvršio je citogenetski laboratorijum Zavoda SR Slovenije za zdravstvenu zaštitu pod rukovodstvom dr. D. Blatnika. Kod 99 radnika bilo je analizirano po 200 ćelija u mitozu. Kod njih su u proseku otkrili 2,74 % hromozomskih i hromatidnih ostećenja. Otkrili su samo lakša hromatidna i hromozomska ostećenja: hromatidna naprslina, izohromatidni prelom, acentrični fragment, jednostruki komadić, acentrične hromatide, fragmentaciju. Kod tri pregledana radnika utvrdili su vrednosti hromozomskih ozleda, koje su premašile propisane /4/. Dva radnika do pregleda anamnestički nisu imala posla sa izvorima JZ, odnosno mutagenim i kancerogenim supstancijama, a jedan je do pregleda na celo telo primio oko 0,001 Sv. Svu trojicu smo preventivno privremeno uklonili sa rada kod izvora JZ. Kontrolne hromozomske analize, izvršene kroz šest meseci, pokazale su praktično normalne kariograme, što možemo tumačiti time

da se verovatno radilo samo o lakšim ozledama, za koje je poznato da se kroz određeno vreme mogu eliminirati /1,3/.

Kod pregledanih nismo izvršili ispitivanja binuklearnih limfocita i kapilaroskopije.

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu mišljenja inostranih i naših stručnjaka u vezi sa primenom pomenuta tri ispitivanja, koje zahteva Pravilnik /4/ smatramo:

- da su ispitivanja binuklearnih limfocita i kapilaroskopija kao bioloski dozimetri premalo osetljivi i specifični, pa zato treba da se upotrebljavaju samo kao fakultativno-pomoćna;
- da ispitivanje hromozomskih ozleda u limfocitima periferne krvi treba obavezno da se vrši samo kod jednokratnog ozračivanja celog tela sa dozom iznad 0,10 Sv /akcident/, a u ostalim slučajevima treba da se vrši samo fakultativno.

U skladu sa našim predlozima treba da se izvrši izmena pomenutog saveznog Pravilnika.

ABSTRACT: Referring to current Yugoslav regulations, which in some instances require the determination of the lymphocyte chromosomal aberrations in the peripheral blood lymphocytes, the binuclear lymphocyte determination and capillarascopy, as well as in keeping with the view of Yugoslav and foreign experts in the field, the authors propose that:

- owing to their too small sensitivity and specificity as biologic dosage meters, the binuclear lymphocyte determination and capillarascopy should be used as optional auxiliary tests rather than compulsory procedures;
- the determination of the lymphocyte chromosomal aberrations in the peripheral blood lymphocytes /involving at least 200 cells per person/ should be introduced as a compulsory examination in persons exposed to a single whole-body irradiation at a dose exceeding 0,10 Sv /accident/, in all other cases referring the regulations should be used only as optional auxiliary test;
- alternations should be made of the regulations concerning the professional qualifications, health conditions and medical examinations of personnel professionally exposed to ionizing radiation /Official Gazette SFRY, No 27/77/.

LITERATURA

1. BUCKTON, K.E. and H.J- EVANS: Methods for the Analysis of Human Chromosome Aberrations. WHO, 1973/
2. ICRP: The Principles and General Procedures for Handling Emergency and Accidental Exposures of Workers. Pergamon Press Oxford - New York - Frankfurt publ. 28./1977/
3. MODIC, S., R. ČRNIVEC in sodelavci: Program aktivnega zdravstvenega varstva delavcev Jedrske elektrarne Krško. Klinični center v Ljubljani, TOZD Inštitut za medicino dela, prometa in sporta v Ljubljani, /1980/
4. Pravilnik o strokovni izobrazbi, zdravstvenih pogojih in zdravstvenih pregledih oseb, ki smejo delati z viri ionizirajočih sevanj. Ur. list SFRJ, šte. 27. /1977/

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

E. Horvat, R. Rozraaj, J. Račić i V. Garaaj-Vrhovac

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

ANALIZA KROMOSOMSKIH ABERACIJA PRIJE RADA U ZONI
ZRAČENJA

REZIME

Za sve osobe, koje rade s otvorenim ili zatvorenim izvorima ionizirajućih zračenja, postoji u našoj zemlji zakonska obaveza analize na strukturne aberacije kromosoma, u određenom vremenskom intervalu.

U radiološkoj zaštiti uočena je potreba za pretpogonskom ili nultom analizom, koju bi trebalo obaviti prije stupanja radnika na rad u zonu zračenja. Tako se dobiva uvid u ranija profesionalna ili dijagnostička ozračivanja, ili čak u hereditarna stanja, koja mogu biti kontraindikacija za rad s izvorima zračenja.

U ovoj studiji obavljeno je 86 pretpogonskih analiza u radnika zaposlenih u Nuklearnoj elektrani Krško. U 6% ispitanika nađen je povišen broj specifičnih kromosomskih oštećenja. Na osnovu prikupljenih anamnestičkih podataka zaključeno je da su 2 ispitanika ranije radila na montaži i puštanju u pogon nuklearnih postrojenja izvan SFRJ, dok su trojica bila dijagnostički ozračivana.

UVOD

Fodaci o posljedicama ionizirajućeg zračenja na čovjeka, potječu uglavnom iz studija o preživjelima iz Hirošime, analiza pacijenata podvrgnutih radioterapiji, te iz radijacionih akcidenata (1). Vrlo malo je poznato o biološkim učincima dugotrajne izloženosti osoba malim dozama ionizirajućeg zračenja, koje pojedinačno ne izazivaju zdravstvene tegobe i organske disfunkcije. Korištenjem uobičajenih film ili TLD dozimetara, ta

zračenja kreće se često oko graničnih vrijednosti za osjetljivost dozimetara. Međutim, svakodnevne ekstrozicije i tako visokom zračenju, nerinovno prisutne u nekim profesijama, mogu imati neželjene posljedice. Da bi ih se pravovremeno uočilo, naši propisi o zaštiti od zračenja, predviđaju za sve osobe koje rade u zoni ionizirajućeg zračenja, obavezne, periodičke, zdravstvene preglede, kliničko hematološke pretrage i pojedine vrlo specifične testove kakova je i analiza na strukturne promjene kromosoma. Taj se test koristi kao pouzdan biološki dozimetar (6). Problem je međutim za brojne radnike u nedostatku t.zv. retroganske ili "O" analize strukturnih aberacija kromosoma. Te pretrage bi trebale obaviti sve osobe prije stupanja na rad u zonu zračenja. Tako bi se sa sigurnošću uočila određena stanja koja mogu biti kontraindikacija za rad na predviđenim poslovima i evidentirale eventualno ranije nastale mutagene promjene uzrokovane kemijskim, biološkim ili fizikalnim agensima.

Cilj ove studije je takova "O" analiza kromosomskih aberacija za radnike nuklearne elektrane (NE).

MATERIJAL I METODE

Ispitano je 86 osoba zaposlenih u NE prije punjenja nuklearnog reaktora gorivom. Svaki ispitanik dao je detaljne anamnestičke podatke predviđene našim upitnikom. Priređene su standardne in vitro kulture limfocita uz korištenje 5 ug/ml BudR (bromdeoksiuridin). Analize numeričkih i strukturnih aberacija kromosoma obavljene su isključivo na stanicama u prvoj in vitro metafazi. Za svakog ispitanika je pregledano najmanje 200 stanica. Slučajevi kod kojih su u tih 200 metafaza osim kromatidnih, nađene još i kromosomske aberacije, analizirano je ukupno 500 stanica.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati analiza su prikazani u tablici 1. Sumarno gledajući analizirano je 18 700 stanica. Numerička odstupanja, isključivo tetraploidije, bila su neznatna i iznosila svega 0,09%. Kromatidne lezije su zastupljene u 0,8% stanica, dok su kromosomska oštećenja kao što su kromosomski lom, acentrični fragmenti i bicentrični prisutni u 0,3% stanica. Ovakovi podaci ne ukazuju na ozbiljnija odstupanja ako se analizira ukupan broj stanica. Činjenica je međutim da je 5 ispitanika ove skupine imalo značajno povećanje broja kromosomskih oštećenja, kao i prisutne specifične izmjene.

Trideset dana nakon uzimanja prvih uzoraka krvi za te suspektne slučajeve, analiza je ponovljena. Rezultati ponovljenih pretraga bili su istoznačni s prethodnim. Detaljnim pregledom anamnestičkih podataka tih ispitanika, uočeno je da su trojica imala dijagnostičko ozračivanje (jedan scintigrafsku pretragu, a dvojica funkcionalne analize kostiju) dok su dvije osobe imale profesionalnu historiju.

Nađeni rezultati ukazuju da je većina ispitanika bila u granicama očekivane razine strukturnih promjena kromosoma. Prisutne su post G_1 kromatidne lezije i to u broju koji smatramo uobičajenom pozadinom. U osoba s kromosomskim aberacijama ukupni postotak nije naročito visok, ali je tip aberacija karakterističan.

Već i 5 evidentiranih ispitanika s prisutnim asimetričnim izmjenama upućuje na neophodnost pret-pogonske analize, odnosno na izuzetnu kritičnost u situacijama suspektnim na ozračivanje.

Tablica 1. Strukturna oštećenja kromosoma pri "0" analizi

Broj ispitanika	Broj analiz. stanica	Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik
86	18700	0,007±0,08 (0,8%)	0,002±0,02 (0,1%)	0,001±0,002 (0,1%)

Bicentrik

Tetraploid.

Ukupno %
abercija

0,0003±0,001

0,0005±0,002

1,15

(0,06%)

(0,09%)

ABSTRACT

PREEMPLOYMENT STUDY OF CHROMOSOME ABERRATIONS

The aim of this study is a preemployment analysis of structural chromosome aberrations in people who are to become employees of a nuclear power plant.

LITERATURE

1. László B., Szanyik F.D.: Biological Dose Indicators, IAEA Seminar on Radiation Emergency Preparedness, November 8-10, Ljubljana Yu.
2. Bender M.A.: Status of human chromosome aberrations as a biological radiation dosimeter in the nuclear industry, Routine use of chromosome analysis in radiation protection, IAEA, 1979.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Ružica Rozgaj, Burda Horvat, Jadranka Račić i Verica Garaj-Vrhovac
 Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

CITOGENETSKA OŠTEĆENJA U OSOBA ZAPOSLJENIH NA KLINIČKIM
 ODJELIMA NUKLEARNE MEDICINE

REZIME

Radioizotopi nalaze primjenu u mnogim granama medicine, kako u dijagnostici, tako i u terapiji. Upotreba izotopa i pri niskim aktivnostima može predstavljati rizik za osoblje koje rukuje. Biološke posljedice profesionalne izloženosti pojedinim radioizotopima kreću se od hematoloških poremećaja, promjena na kapilarama i koži do citogenetskih oštećenja.

U ovom radu izvršena je analiza strukturnih aberacija kromosoma u grupi ispitanika zaposlenih na kliničkim odjelima nuklearne medicine. Zapažena je prisutnost specifičnih strukturnih aberacija tipa bicentrik i prsten. Ukupan postotak kromosomskih oštećenja izložene skupine nije bitno povišen, ali su uočene značajne razlike u tipu kromosomskih oštećenja u odnosu na kontrolnu skupinu.

UVOD

Nuklearna medicina je grana medicine koja obuhvaća aplikaciju otvorenih radioaktivnih materijala u dijagnostici, terapiji i medicinskim istraživanjima. Upotreba ovih supstanci zahtijeva specijalni oprez u pogledu radioaktivne kontaminacije i radioaktivnog otpada. Potrebno je osigurati da osoblje koje rukuje s obilježenim spojevima ne primi prekomjernu dozu zračenja, kao i spriječiti akcidentalno unošenje takovog materijala u organizam. Mjere zaštite od posebne su važnosti pri aplikacijama u terapiji, budući da su tu prisutni radionuklidi visokih aktivnosti. U tom

slučaju, štoviše, pacijent sam postaje izvor zračenja (1).

Zaštita osoblja uključuje mjerenje izloženosti zračenju, primjenom raznih tipova dozimetara, kao i periodičke zdravstvene preglede, te specifične kliničke pretrage, među koje spada i analiza na strukturne aberacije kromosoma (2,3).

U ovom radu prikazani su rezultati analize kromosoma osoblja zaposlenog u zdravstvenim ustanovama na odjelima nuklearne medicine.

MATERIJAL I METODE

Analiza je izvršena na 65 ispitanika zaposlenih na odjelima nuklearne medicine. Za sve ispitanike ispunjen je anamnestički upitnik te su iz studije isključeni oni ispitanici kod kojih je bio prisutan jedan od slijedećih faktora: nedavna virusna ili bakterijska infekcija, dijagnostičko ili terapijsko ozračivanje posljednjih 12 mjeseci, te kemoterapija.

Na 48 satnim kulturama limfocita iz periferne krvi analizirano je najmanje 200 metafaza po ispitaniku. Sve su analize obavljene na kodiranim stakalcima. Nakon analize podaci su dekodirani, a ispitanici podijeljeni u 6 skupina prema profesiji. Za kontrolnu skupinu uzeti su zdravi ispitanici odgovarajuće dobi i navika pušenja, koji na svom radnom mjestu nisu izloženi ionizirajućem zračenju niti kemijskim mutagenima.

REZULTATI I DISKUSIJA

Kako je ova studija obuhvatila velik broj ispitanika, nije bilo moguće analizirati svaki slučaj posebno. Stoga su na tablici 1 predstavljeni tipovi i frekvencija kromosomskih aberacija kao prosječan broj oštećenja po jednom ispitaniku.

U svim se skupinama uočava, u odnosu na kontrolu, porast frekvencije aberacije, posebno kromosomskog tipa. Iako pro-

Tablica 1. Kromosomske aberacije u osoba zaposlenih na kliničkim odjelima nuklearne medicine

Ispitanici	Broj ispitanika	KROMOSOMSKE ABERACIJE PO ISPITANIKU								
		GAP	LOM Kroma- tidni	Kromo- sovski	Acentrični fragmenti	Minute	Bicen- trik	Nespeci- fične translokacije	Kromatid- ne izmjene	Tetra- ploidija
Kontrola	57	1,57 ±0,73	0,68 ±0,58	0,23 ±0,49	0,02 ±0,13	-	-	-	0,05 ±0,29	0,14 ±0,32
Liječnici	9	2,56 ±1,09	1,11 ±0,21	0,33 ±0,60	0,33 ±0,39	-	0,22 ±0,52	0,11 ±0,30	0,11 ±0,30	0,22 ±0,52
Elektro- ničari	2	2,50 ±0,50	2,00 ± 0	1,50 ±1,06	2,50 ±1,77	0,50 ±0,35	1,00 ±0,71	-	-	-
Ostali znanstveni kadar	8	2,25 ±0,83	0,11 ±1,30	0,25 ±0,37	0,37 ±0,39	0,12 ±0,31	-	0,12 ±0,31	-	-
Tehničari	30	2,33 ±1,24	1,60 ±0,95	0,27 ±0,58	0,10 ±0,35	0,03 ±0,18	0,20 ±0,57	0,03 ±0,18	-	0,37 ±0,52
Medicinske sestre	10	1,70 ±0,85	1,30 ±0,82	-	0,10 ±0,27	-	-	-	-	-
Pomoćno osoblje	6	2,50 ±0,96	1,17 ±0,59	0,84 ±0,67	0,50 ±1,02	-	0,17 ±0,34	-	-	0,33 ±0,39

sječan broj oštećenja nije bio značajno povišen, nađena su oštećenja tipa bicentrika, nespecifičnih translokacija, minuta i prstenova kojih u kontrolnoj skupini nije bilo.

U skupini liječnika, tehničara i elektroničara izdvaja se nekoliko ispitanika s velikim brojem oštećenja. Kako se radi o ispitanicima s duljim radnim stažom, moguće je dobivene rezultate djelimično pripisati kumulativnom mutagenom efektu zračenja. (2) Drugi je značajan činilac tip i aktivnost zračenja kao i tip dijagnostičke ili terapijske procedure (1). Momentalno se u nuklearnoj medicini najšire primjenjuje ^{99m}Tc , no još je uvijek u upotrebi i čitav spektar drugih radioizotopa (4). Primjena izotopa većih aktivnosti, naročito u terapiji gdje se koriste doze nekoliko stotina puta više od onih u dijagnostici, povećava se rizik pri rukovanju s njima. Odgovarajuća edukacija osoblja i prikladan radni prostor osiguravaju bolju radiološku zaštitu ne samo osoblja nego i pacijenata na odjelima nuklearne medicine.

SUMMARY

CYTOGENETIC DAMAGES IN PERSONS EMPLOYED IN HOSPITAL DIVISIONS OF NUCLEAR MEDICINE

Structural chromosome aberrations were analysed in a group of subjects employed in hospital divisions of nuclear medicine. The presence of specific structural damages in the form of dicentrics and rings was observed. The total percentage of chromosome lesions was not essentially higher, but the types of lesion significantly differed from those in the control group.

LITERATURA

1. The Medical Uses of Ionizing Radiation and Radioisotopes, Report of a Joint IAEA/WHO Expert Committee, Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser., No 492, 1972.
2. Purda Horvat : Kromosomske aberacije u osoba profesionalno izloženih ionizirajućem zračenju, Arh. hig. rada, 26(1975)139.

3. B.Horvat, R.Rozgaj and J.Račić : The Combined Use of Cytogenetic, Haematological and Capillaroscopic Data for Estimation of Radiation Damage, Third International Symposium Radiological Protection, Inverness-Scotland, 6-11. June 1982. 376-380.
4. Nuclear Medicine, Report of a Joint IAEA/WHO Expert Committee on the Use of Ionizing Radiation and Radioisotopes for Medical Purposes (Nuclear Medicine), Techn. Rep. Ser. 591, WHO Geneva 1976.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

D.Kubelka, Đ.Horvat, M.Novaković i A.Hebrang

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb

CITOGENETSKA ANALIZA DIJAGNOSTIČKI OZRAČENIH OSOBA

REZIME

Od ukupne doze zračenja, koju prima populacija, najveći dio otpada na ozračivanje u dijagnostičke i terapijske svrhe. Dokažene visoke doze zračenja pokazuju pravilan odnos doza - učinak, dijagnostička ozračivanja su daleko nižih vrijednosti, a proporcionalnost doze i biološkog učinka nije uočljiva, ili barem nije jednostavna za dokazivanje.

U ovoj studiji praćen je učinak dijagnostičkog ozračivanja pri angiografskoj pretrazi. Kao kontrolne vrijednosti služili su predekspozicioni uzorci krvi.

Na 48 satnim kulturama limfocita, u prvoj in vitro diobi, analizirano je najmanje 200 metafaza po ispitaniku na numeričke i strukturne aberacije kromosoma.

Dobiveni rezultati ne pokazuju značajnije procentualne razlike kromosomskih oštećenja, ali je prisutna razlika u tipu kromosomskih lezija.

UVOD

O biološkim posljedicama malih doza ionizirajućeg zračenja, još uvijek se znade vrlo malo. Ranih šezdesetih godina cirkulirajući limfocit počeo se koristiti kao "mikrodozimetar". Uočena je stabilna ovisnost između izloženosti ionizirajućem zračenju i učestalosti kromosomskih aberacija u ljudskim i životinjskim stanicama. (1) O pragu osjetljivosti biološkog dozimetra, mišljenja su prilično podijeljena. Sigurno je međutim, da je pravilan linearni tok doza - citogenetski učinak prisutan za doze više od 0,1 Sv. Takove doze moguće su pri profesionalnoj

izloženosti u izuzetnim okolnostima. Ozračenja takovog karaktera uključuju mali broj osoba koje rade u zoni ionizirajućeg zračenja. U SFH ta se brojka kreće oko 3500 osoba.

Svakodnevno dijagnostičko ozračivanje (vrlo često nepotrebno) obuhvaća pak neuporedivo veću populaciju i to svih dob-
nih skupina, kako kod nas, tako i širom svijeta.

Primjenom citogenetskog indikatora - analize strukturnih promjena kromosoma pokušali smo u dijagnostički ozračenih pacijenata identificirati kromosomska oštećenja.

MATERIJAL I METODE

Prilikom angiografije u šest ispitanika ove studije praćen je citogenetski učinak rentgenskog ozračivanja. Ekspozici-
ciona doza zračenja mjerena je na raznim dijelovima tijela, pri-
mjenom TLD dozimetara.

U citogenetskoj analizi za kontrolne uzorke služila je krv istih osoba prije ozračivanja.

Neposredno nakon dijagnostičke obrade pacijenta, uzeti su uzorci krvi za in vitro kulturu limfocita. Korištena je kon-
vencionalna metoda za preparaciju kromosoma uz uporabu BudR (bromdeoksiuridin). Na prvim in vitro metafazama analizirane su
strukturne promjene kromosoma. Za svaku osobu pregledano je
200 stanica.

REZULTATI I DISKUSIJA

Uvjeti zračenja kao i ekspozicione doze za pojedine dijelove tijela ispitanika, prikazane su na tablici 1.

Citogenetska analiza uključivala je strukturne i nu-
meričke promjene kromosoma. Rezultati su izneseni na tablicama
2 i 3. U neozračenim uzorcima, kao i onim nakon zračenja, pri-
sutno je nekoliko tetraploidnih metafaza. Ukupno gledajući,

TABELA I.

Ispitanik	1	2	3
uvjeti rada rendgen aparata	kV 65 (60)	65 (40)	80
	mA 320 (2)	320 (3)	320
	mA 25	20	25
	broj eksp. 16	11	11
	min. dijask. (4,5)	(2,5)	

IZMJERENA
DOZA NA:

čelu	27	85	19
sternumu	39	99	104
gonadama	1915	1032	197
lijevoj nozi	6632	26	157
desnoj nozi	141	23	147
lijevoj ruci			
desnoj ruci			

4	5	6
75 (40)	47 (40)	60
400 (3)	250 (2)	400
32	16	32
15	16	10
(3)	(0,6)	

26	27	994
560	28	113
3511	19	27
44		
45		
	2759	
	57	

doze u $\mu\text{C}/\text{kg}$

TABLICA II

STRUKTURNE ABERACIJE KROMOSOMA U PACIJENATA PRIJE DIJAGNOSTIČKOG OZRAČIVANJA

Ispitanik	Strukturne aberacije kromosoma				%	
	kromatidne		kromosomske			tetra- ploid. aberacija
	lom	lom	acentrik	bicentr.		
1	1	1	1		1,5	
2	1			1	1	
3	2		1		1,5	
4	1			1	1	
5	1				1	
6	0	1	1		1	

STRUKTURNE ABERACIJE KROMOSOMA U PACIJENATA POSLIJE DIJAGNOSTIČKOG OZRAČIVANJA

Ispitanik	Strukturne aberacije kromosoma				%	
	kromatidne		kromosomske			tetra- ploid. aberacija
	lom	lom	acentrik	bicentr.		
1	0	1	3	1	2,5	
2	1		1	1	1,5	
3	0	1	2	1	2	
4	1		2		1,5	
5	1		1		1	
6	1		3		2	

TABLICA III

strukturna oštećenja kromosoma u obje kategorije uzoraka kreću se u granicama uobičajene "pozadine" i to od 1 do 2,5% aberacija. Iako ne naročito naglašeno, prisutno je lagano povećanje broja acentričnih fragmenata u dijagnostički ozračenim uzorcima.

Kako je ova studija preliminarnog karaktera, s malim brojem ispitanika i s možda nedovoljnim brojem pregledanih metafaza za ovako niske doze zračenja, donošenje definitivnog zaključka nije moguće. Dobiveni rezultati upućuju na neophodnost nastavka ovog tipa istraživanja.

Literatura

1. D.C.Lloyd : A Review of the Present State of Cytogenetic Dosimetry, Routine Use of Chromosome Analysis in Radiation Protection, IAEA, A Technical Document Issued by the International Atomic Energy Agency, Vienna, 1979, 73.
2. D.Kubelka : Komparacija fizikalne i citogenetske procjene doze zračenja u dijagnostički ozračenih osoba, Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, 1982.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZASTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

AUTORI: Pendić R., Barjaktarović Nada, Kostić Vitana,
Joksić Gordana, Pendić Z., Andrić Svetlana

KLINIČKA POLJENICA GRADA BEOGRADA - Laboratorija za citogenetiku
11000 Beograd, Baja Sekulića 172

HROMOSOMSKE ABERACIJE U BIODOZIMETRIJI
U OZRAČENJIMA U PARCIJALNIM AKCIDENTALNIM OZRAČIVANJIMA

REZIME: Rezultati naših istraživanja, pri dozama ozračivanja 2,00 Gy γ zračenja 10 MeV-a, ukazuju da postoji povećana radio-senzitivnost limfocita krvi iz pupčane vrpce i limfocita periferne krvi starijih osoba u odnosu na zdravu adultnu grupu. Nema razlike u distribuciji izmena sestrinskih hromatida između tri ispitivane grupe. Postoji izrazito zakašnjenje u ćelijskoj kinetici u grupi starijih osoba.

Rezultati ispitivanja hromosomskih aberacija u mešanim kulturama, pri dozi od 3,00 Gy γ -zračenja Co-60 i α -zračenja 10 MeV-a, ukazuju da postoji značajno smanjenje prinosa aberacija u odnosu na punu ozračenu krv, što je posebno izraženo u mešavinama 33% i 25% zračene krvi, gde ovo smanjenje iznosi 88,57% odnosno 91,84%.

UVOD

Postoji niz eksperimentalnih podataka, dobijenih u in vivo i in vitro uslovima, gde je porast hromosomskih aberacija funkcija doze ozračenja (1). Poznato je da postoje individualne razlike u osetljivosti na zračenje, da prinos aberacija zavisi ne samo od vrste i kvaliteta zračenja, brzine doze, već i od osetljivosti izložene ćelije zračenju. Poseban problem u biodozimetriji zračenja predstavlja neuniformno, akcidentalno ozračivanje, jer broj nadjenih hromosomskih aberacija zavisi, ne samo od volumena ozračenog tkiva, nego i od količine limfocita koji se nalaze u tom tkivu.

Mi smo u svom radu ispitivali uticaj donora na prinos hromosomskih aberacija i ispitivali prinos aberacija u mešanim kulturama ozračenih i neozračenih limfocita.

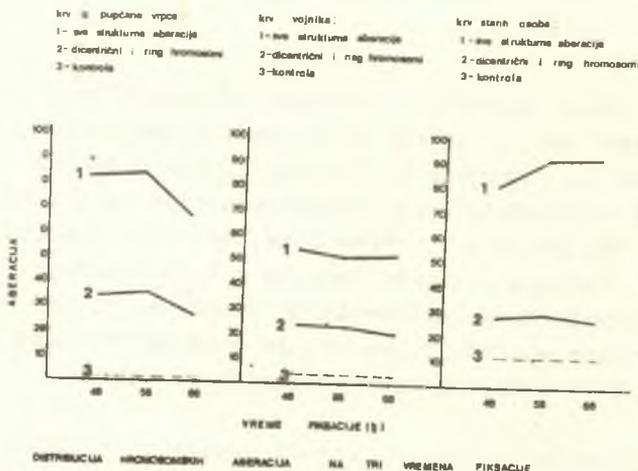
MATERIJAL I METODE

Uticaj donora ispitivan je u tri starosne grupe:
 a) krv iz pupčane vrpce; b) krv dobrovoljnih davalaca krvi (starosti 20 g.); c) krv starih osoba (prosek starosti 78 g.). Ozračeno je po pet uzoraka iz svake grupe dozom 2,00 Gy \bar{e} zračenja energije 10 MeV-a na Betatron 42 MeV-a. Citogenetska analiza radjena je u BUdR tehnikom (2).

Mešane kulture limfocita radjene su u dve serije eksperimenata: jedna je radjena sa istim donorom, gde je krv mešana u proporcijama 2/3 i 1/3 zračene krvi. Doza γ -zračenja Co-60 iznosila je 3,00 Gy, a brzina doze 0,90 Gy/min. Analiza kariotipa uradjena je klasičnom citogenetskom tehnikom (3); a za drugu seriju eksperimenata krv je uzeta od dva donora različitog pola, a odnos ozračenih ćelija bio je 50% i 25%. Doza zračenja bila je 3,00 Gy \bar{e} zračenja 10 MeV-a, brzina doze 2,50 Gy/min.

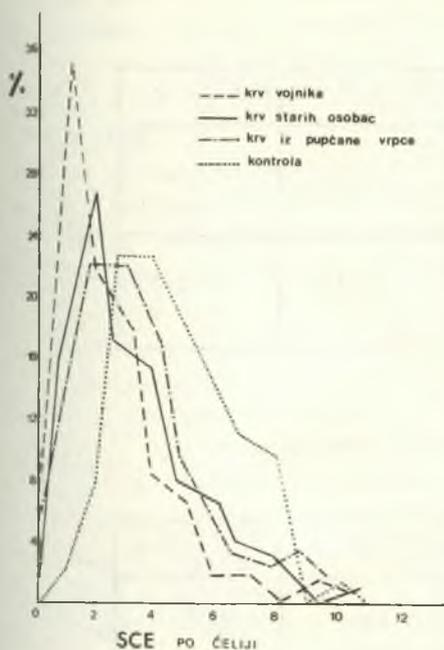
REZULTATI

Na slici broj 1 prikazan je procenat spontanijih aberacija, dicentričnih i ring hromosoma, kao i procenat ukupnih strukturnih aberacija u sve tri starosne grupe. Postoji nešto povećan prinos kako dicentričnih tako i ukupnih hr. aberacija u krvi iz pupčane vrpce i starih osoba.



Slika br. 1

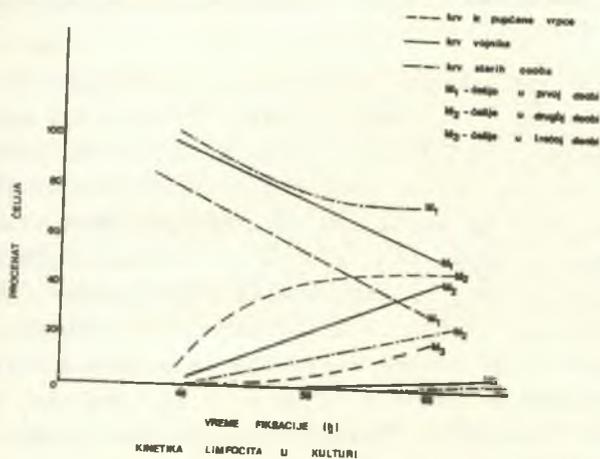
Ne zapaža se povećanje broja izmena sestričnih hromatida (SCE), nakon delovanja zračenja (sl. br. 2). Ispitivana je i kinetika limfocita u kulturi za sve tri starosne grupe.



Slika br. 2

Rezultati su dati na slici br. 3. Uočljivo je zakašnjenje u mitotskoj aktivnosti limfocita u starih osoba. Mitotsko zakašnjenje u odnosu na neozračenu kontrolu iznosi 0,04%/po radu (4).

Na tabeli br. 1 prikazani su rezultati mešane kulture limfocita istog donora, a na tabeli br. 2 za dva donora različitog pola.



Slika br. 3

Tabela br. 1

Doza zračenja Co-60, 3,00 Gy

	PUNA ZRAČ. KRV	2/3 ZRAČ. KRVI	1/3 ZRAČ. KRVI
% DICENTRIKA PO ČELIJI	0,35	0,18	0,04
ODNOS DIC.U ZRAČENIM I MESANIM KULTURAMA	100%	51,43%	11,43%

Tabela br. 2

Doza zračenja 3,00 Gy e 10 MeV-a

	PUNA ZRAČ. KRV	50% ZRAČ. KRVI	25% ZRAČ. KRVI
% DICENTRIKA PO ČELIJI	0,49	0,16	0,04
ODNOS DIC. U ZRAČENIM I MESANIM KULTURAMA	100%	32,65%	8,16%

DISKUSIJA

Postoji veći prinos aberacija u limfocitima krvi pupčane vrpce. Lloyd i Reeder (5), Sasaki i sar. (6) su došli do sličnih rezultata ispitujući osetljivost ćelija krvi pupčane vrpce. To je moglo i da se očekuje, jer se radi o biološki osetljivijim i aktivnijim ćelijama, koje su osetljive na zračenje. Veći prinos hr. aberacija u starijoj grupi bio je malo neočekivan. Kako se radi o osobama kod kojih je broj spontanijih aberacija povećan, pogotovo strukturnih aberacija (7,8), rezultat nije iznenadjujući. Iz literature je poznato da je prinos aberacija iz ozračene krvi bolesnika u kojih se nalazi spontano povećan broj hr. prekida, povećan u odnosu na zdravu populaciju (9,10), pa pošto u starijih osoba nalazimo povećan broj spontanijih strukturnih i numeričkih aberacija (8) analogijom bi ova povećana radiosenzitivnost mogla da se objasni.

Što se tiče SCE, nisu zapažene razlike u broju izmena

ni između ove tri grupe ozračenih ćelija, a ni u njihovom odnosu na neozračenu kontrolu. Najveći broj ćelija sadrži dve do četiri izmene, što je u saglasnosti sa podacima iz literature (11,12).

Vreme žetve može da bude od uticaja na prinos aberacija jer, nakon 48 sati, u mlađim dobnim skupinama su prisutne ćelije u drugoj mitozu, što može da dovede do greške u ocenjivanju prinosa aberacija, ukoliko se radi klasičnom tehnikom. Da bi rezultati ispitivanja hr. aberacija između pojedinih laboratorija bili poredivi, Svetska zdravstvena organizacija (13) je dala uputstva o jedinstvenoj tehnici, a IAEA je formirala jednu kooperativnu grupu koja radi već duži niz godina (14,15) kojoj se od prošle godine pridružila i naša laboratorija. Usvojeno je da se u hromozomskoj biodozimetriji vrši analiza hr. aberacija u prvoj ćelijskoj deobi, što podrazumeva upotrebu BUDR tehnike.

U ozračivanjima celog tela, hromozomi limfocita periferne krvi se mogu upotrebiti kao relativno pouzdani dozimetar (16). Kod neuniformnog ozračivanja stvari se komplikuju zbog nepoznavanja količine ozračenih i neozračenih limfocita u ozračenom volumenu i zbog toga što je cirkulirajući pul limfocita oko 1% od ukupne mase limfocita u organizmu (17), a recirkulacija još nije do kraja razjašnjena. Kod parcijalnih ozračivanja, na osnovu hromosomske dozimetrije, može da se govori o nekoj srednje apsorbovanoj dozi. Sharpp je 1969 g. (18) upozorio na moguće greške jer je ispitujući mešane kulture zapazio da ne postoji linearnost u prinosu, već dolazi do značajnog opadanja prinosa to većim što je doza zračenja bila veća. Do sličnih rezultata došla je grupa iz Harwell-a (19). Naši rezultati idu u prilog Sharpp-ovih eksperimenata, posebno dolazi do izražaja smanjenje prinosa u mešanim kulturama gde je procenat neozračenih limfocita veći. Mora da se naglasi da je od interesa nastaviti ispitivanje prinosa aberacija u mešanim kulturama različitog pola, jer je lakše pratiti sudbinu ozračenih i neozračenih ćelija. Međutim, treba da se nastoji na što većoj ontigenoj podudarnosti donora, kako bi se izbegli dodatni stimulativni efekti koji se javljaju mešanim kulturama limfocita (20).

Summary

CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN BIODOSIMETRY OF IONIZING RADIATIONS IN PARTIAL ACCIDENTAL IRRADIATIONS

The results of our investigations cord blood lymphocytes and lymphocytes obtained from very old people, show the increase in

radiosensitivity, comparing to the adult healthy population, when irradiated with 2,00 Gy 10 MeV electrons.

There were no differences in distribution of SCE per cell in three groups mentioned above. The significant delay in cell kinetics was found in the group of older people.

Scoring chromosomal aberrations in mixed culture experiment after gamma-irradiation and 10 MeV electrons and dose being 3,00 Gy, we found significant decrease in the yield of chromosomal aberrations comparing to the yield when whole blood is irradiated. This is particularly clear in mixtures of unirradiated with 33% and 35% of irradiated blood, where the decrease is 88,57% and 91,84%, respectively.

LITERATURA

- 1) UNSCEAR Report 1969, General Assembly, 24th Session, Suppl 13 (a)7 613/p.98
- 2) Perry P.E. and Wolff S. , Nature, 251, 156-158 ,(1974)
- 3) XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož, Zbornik, st.473-481
- 4) Barjaktarović and Savage, Int. J. Radiat.Biol, 37 667-675(1980)
- 5) Lloyd D.C. and Reeder E.J. , Experantia 35 , 176-177(1979)
- 6) Sasaki M.S. , Tomomura A. and S. Matsubara, Mutatio Res. 10, 617-639 (1970)
- 7) Jarvik L.E., Yen F.S. Fu T.K. and Matsuyama S.S., Hum. Genet. 33 , 17-22 (1976)
- 8) II Jugoslovenski gerontološki kongres ,Ljubljana,Zbornik st.68 (1982)
- 9) Schroeder T.M. and Kurter, Blood,37, 96-112 (1971)
- 10) Higurashi M. and Conen P.E., Blood 38, 336-342 (1971)
- 11) Littlefield L.G., Colyer S.P., Jainer E.E. and Du Frain R.J., Rad. Res. 78, 514-521 (1979)
- 12) Kato H., Int. Rev. of Cytology, 49, 55-97 (1977)
- 13) Buckton K.E. and Evans H.J. : Methods for the analysis of human chromosome aberrations WHO. Geneva(1973)
- 14) Abbatt J.D., Radiation Injury in Man, pp 149-180, IAEA, Viena (1971)
- 15) M. Bianchi , Mutation Res 96 , pp 232-242, (1982)
- 16) Evans H.J. , Phys. Med. Biol. 17, pp 1-13 (1972)
- 17) Osgood E.E., Blood 9, pp 1141-1154, (1954)
- 18) Sharpe H.B.A., Int. J. Radiol., 42, pp 943-944 (1969)
- 19) Lloyd D.C. :in Evans H.J. and Lloyd D.C., Mutagen induced Chromosome Damage in Man, Edinburgh University Pres , pp 77-88; (1978)
- 20) O'Leary J., Reismanen N., Yunis J. E. : Mixed Lymphocyte Reaction, in Roser N. and Friedman: Manual of Clinical Immunology, American Society for Microbiology, Washington, D.C, pp 820-832 (1976)

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZASTITI OD ZRAČENJA
 Ohrid , 31 maj -3 jun 1983

MARKOVIĆ B., PANOV D., JEREMIĆ M.

Klinički Centar Medicinskog fakulteta u Beogradu
 OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
 "Dr Dragomir Karajović", Deligradska 29, Beograd

HROMOZOMSKE ABERACIJE KOD LICA AKCIDENTALNO
 OZRAČENIH Ir 192

REZIME: Ispitivanja hromozomskih aberacija su izvršena od 9 lica ozračenih i moguće ozračenih iridijumom 192. Hromozomske aberacije su radjene na limfocitima periferne krvi a kod jednog pregledanika i na ćelijama koštane srži dobijezim sternalnom punkcijom.

Ispitivanjem su bili obuhvaćeni :M.L.čuvar u fabrici koji je našao i zadržao kod sebe a potom i odneo svojoj kući radioaktivni izotop ;radnik koji je rukovao defektoskopom iz koga je ispao radioaktivni izotop i 7 članova porodice M.L. koji su dok se izotop nalazio u kući boravili u kućnim prostorijama. Kod radnika M.L. analiza je uradjena 3 puta i to dva puta na limfocitima krvi i jednom na ćelijama koštane srži .

Nadjena učestalost aberantnih ćelija kod najviše ozračenog ispitanika iznosi 33,5%,dok se kod ostalih kreće od 1 do 5,5%.

UVOD

Akcidentalna ozračivanja su poznata iz literature a opisivana su i u industrijski visoko razvijenim zemljama(1,2,3).Razvoj industrije i metalurgije u našoj zemlji doveo je do identičnih rizika .Industrijska defektoskopijska ,odnosno gamaradiografija su veoma značajna mogućnost za nastajanje radijacionog rizika kod ekspoziranih radnika.Taj rizik može postati znatno širi pa obuhvatiti i okolno radništvo a ponekao čak i stanovništvo. Kao ilustraciju izloženog navodimo situaciju u jednoj našoj fabrici ,pri kojoj je nastao radijacioni rizik koji je obuhvatio 21 lice.

MATERIJAL I METODA

Tokom avgusta meseca 1982 godine izgubljen je radioaktivni izvor Ir-192, početne jačine 296 GBq (odnosno 8 Ci).Izvor je služio za gamaradiografiju.On je ispao iz kapice na vrhu creva aparata a da to nije primećano od strane osoblja koje je rukovalo aparatom.

Radioaktivni izvor je našao stražar-čuvar i nosio ga je jedno vreme u džepu od odela a potom čuvao u ladici kućnog stola. Tako je nastao radijacioni rizik koji je obuhvatio čitav niz osoba od kojih ni jedna nije bila neposredno zaposlena na gamaradiografiji. Kod svake od pomenutih dvadeset i jedne osobe uredjene su analize hromozomskih aberacija a pozitivan nalaz je zabeležen kod sedam slučaja koji će biti niže navedeni :

To su pre svega stražar-čuvar M.L. koji je našao radioaktivni izvor i nosio ga po džepovima odela, najpre u levom gornjem džepu radne bluze a potom u desnom donjem džepu pantalona. Zatim članovi porodice radnika M.L. koji su boravili u kućnim prostorijama dok se radioaktivni izotop nalazio u ladici kućnog stola. Ti članovi porodice su : supruga radnika M.L., stariji sin, mlađji sin, kći radnika M.L., starija unuka od 5 i mlađja unuka od 3 godine.

Kod radnika M.L. analiza hromozomskih aberacija je uredjena 3 puta. Prvi put dva dana po prestanku ozračivanja, drugi put 30 dana kasnije kada su uredjene uporeda analize hromozomskih aberacija na limfocitima periferne krvi (4), i ćelijama koštane srži (5)

REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati analize hromozomskih aberacija na limfocitima periferne krvi ispitanika M.L. prikazani su na tabeli 1.

TAB. 1 Hromozomske aberacije na limfocitima periferne krvi ispitanika M.L.

Vreme uzimanja perifer. krvi na analizu	u k u p a n		b r o j	dicentri ci/100	centrič. prsten. / 100
	analiziran ćelija	aberant. ćelija	hromoz. aberac.		
Dva dana po prestanku ozračivanja	200	67	119	5,5	2,5
30 dana kasnije	200	61	146	12,0	3,5

Analizirano je po 200 ćelija. U prvoj analizi nadjeno je 67 aberantnih ćelija a nakon 30 dana njihov broj je opao na 61, dok se broj hromozomskih aberacija povećao sa 119 na 146 zato što se povećao broj ćelija sa dve, tri i više promena. U odnosu na prvu kada je nadjeno 5,5 dicentrika na 100 ćelija, nakon 30 dana taj

broj je 12. U prvoj analizi broj centričnih prstenova na 100 ćelija je 2,5 a u drugoj 3,5.

Rezultati analize hromozomskih aberacija na ćelijama koštane srži, dobijene sternalnom punkcijom(5), dati su na tabeli 2.

TAB.2 Hromozomske aberacije na ćelijama koštane srži M.L.

Broj anal.ćel.	Broj promena	Acentrič. fragmenti	Translokacija	Aneuploidija	Tetraploidija
100	9	3	1	3	2

Broj analiziranih ćelija je 100. Najđen broj aberantnih ćelija uključujući i numeričke promene iznosi 9. Nije nadjena nijedna ćelija sa više od jedne promene kao ni prsten ni dicentrični hromozomi.

Na tabeli 3 dati su rezultati hromozomskih aberacija na limfocitima periferne krvi 7 članova porodice M.L. koji su bili najduže vreme u blizini radioaktivnog izvora iridijuma 192.

TAB.3 Hromozomske aberacije članova porodice M.L.

	(1) O.L.	(2) R.L.	(3) N.L.	(4) C.D.	(5) LJ.O.	(6) LJ.Ž.	(7) LJ.P.
ISPITANIK:							
God.rodj.:	1931	1960	1963	1979	1977	1972	1954
Srodstvo :	supr.	sin	sin	unuka	unuka	unuk	kći
Broj anal.ćelija	200	200	200	200	200	200	200
Aberant. ćelije	11	9	6	10	3	2	5
Hromozom. prekid:	2	4	2	5	2	-	3
Acentrični fragmenti:	5	4	2	4	-	1	1
Minut delecija :	3	1	-	1	-	-	1
Dicentrič. + fragmen.:	1	-	-	-	-	-	-
4 n + minut delecija :	-	-	-	-	1	-	-
4 n	-	-	1	-	-	1	-
Aneuploidija :	-	-	1	-	-	-	-

Kod svih ispitanika analizirano je 200 ćelija .Najveći broj aberantnih ćelija nadjen je kod supruge O.L. 11. Nadjen je i jedan

dicentrični hromozom. Na drugom mestu po broju hromozomskih aberacija je unuka radnika M.L. stara 3 godine sa 10 aberantnih ćelija. Treći po broju promena je stariji sin sa 9, zatim mlađji sin sa 6, pa ćerka sa 5. Najmanji broj hromozomskih aberacija nadjen je kod unuke stare 5 godina 3 i unuka 2. Kod ostalih 13 ispitanika nisu nadjene hromozomske aberacije. Više od jedne promene u ćeliji na tabeli 3 imao je ispitanik br.1. u jednoj ćeliji dve promene i ispitanik br.5 u jednoj ćeliji dve promene.

ZAKLJUČAK

Rezultati analize hromozomskih aberacija na limfocitima periferne krvi i jednoj analizi koštane srži akcidentalno ozračenih iridijumom 192 pružaju vrlo jasnu sliku biološkog odgovora na primljenu dozu. Radnik M.L. primio je vrlo visoku dozu jonizujućeg zračenja. Od članova porodice, prema analizi hromozomskih aberacija, najveću dozu je primila supruga M.L., zatim unuka od 3 godine pa stariji sin a dosta manju mlađji sin, ćerka, unuka i unuk.

CHROMOSOME ABERRATION IN PERSONS IRRADIATED BY Ir 192 ACCIDENTALLY

S u m m a r y

Investigations of chromosome aberrations were performed in 9 persons who were irradiated and those possibly irradiated by Ir 192. Chromosome aberrations were investigated on lymphocytes of peripheral blood. One of the examinee has been also undergone the investigation of his marrow cells that had been obtained by sternal puncture.

The investigation covered the following persons: M.L., a watchman in the factory who had found the radioactive source, kept it and brought it to his home; the workman who handled the defectoscope which radioactive source was lost; as well 7 members of M.L.'s family who stayed in the house during the isotope was in. Worker M.L. was undergone the analysis 3 times wherefrom 2 times on lymphocytes of blood and once on marrow cells.

Aberrant cells frequency was found to be 33.5% in the most irradiated examinee while in the other ones it was found to range from 1 to 5.5%.

R e f e r e n c e

1. Lloyd, D.C. et al: Doses in Radiation Accidents Investigated by Chromosome Aberration Analysis. XII A Review of Cases Investigated: 1981 NRPB - R 128.
2. Lloyd, D.C. et al: I b i d. VIII A Review of Cases Investigated: 1977 NRPB - R 70.
3. Lloyd, D.C. et al: Study of Chromosome Aberration Yield in Human Lymphocytes as an Indicator of Radiation Dose. V A Review of Cases Investigated: 1974 NRPB - R 35.
4. Moorhead, P.S. et al: Chromosome preparations of leukocyte cultures from peripheral blood, Exp. cell Res., 20(1960) 613.
5. Lajtha, L.G.: Bone marrow culture, Meth. Med. Res. 8(1960) 12.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Jevrosima Begović, Danica Gajić* i Anica Zagorčić**

Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi,
veterinarstvu i šumarstvu, Zemun, Banatska 31b.*Razvojno-istraživačka Laboratorija za alopatije
RO "Bioprodukt" - Beograd.

**Veterinarski fakultet - Beograd

DELOVANJE ALANTOINA NA LIMFOCITE U KULTURI OZRAČIVANE

X - ZRACIMA

REZIME Ispitivanja su vršena na limfocitima periferne krvi svinja *in vitro*. Limfociti izdvojeni iz pune krvi su inkubirani u prisustvu nespecifičnog mitogena-fitohemaglutinina (PHA). U kasnoj G₁ i ranoj S fazi kulture limfocita su ozračivane različitim dozama X-zraka (4,5, 9,0, 13,5 i 18,0 Gy). Alantoin je dodavan kulturama u različitim koncentracijama (10⁻⁴, 10⁻⁶ i 10⁻⁹ g/lit.) osam sati pre ili posle ozračivanja. Dobijeni rezultati su pokazali da alantoin kao hemijski agens, koji ne sadrži SH grupu karakterističnu za hemijske agense koji su već poznati kao protektori od zračenja, ispoljava zaštitno svojstvo kod ozračivanja limfocita.

UVOD

Poznato je da humane i ćelije životinja, kako normalne tako i tumorogene, mogu biti uzgajane u kulturi i da su pogodne za izučavanje odgovora na jonizujuća zračenja - radioosetljivosti, (Leenhouts i sarad. 1980) i hemijske radiozaštite (Badiello, 1980). Za ova ispitivanja ćelije mogu biti uzgajane u kulturi pod različitim uslovima i tehnikama.

Za razumevanje prirode i jačine radijacionog oštećenja u ćelija sisara primarno je odredjivanje faktora preživljavanja ćelija što daje prvu mogućnost za kvantitativno odredjivanje biološkog efekta zračenja na celularnoj bazi. Preživljavanje ćelija je u radiobiologiji osnovni pokazatelj radijacionog oštećenja bilo da se radi o jednokratnom ili višekratnom ozračivanju u prisustvu

ili odsustvu hemijskih agenasa, što zavisi od sposobnosti inicijalnih ćelija da se dele i da stvaraju kolonije. (Lubbe i sar. 1982, Biaglow, 1981).

Limfociti su poznati kao ćelije koje se u cirkulaciji ne dele ali se izloženi relativno niskim dozama zračenja brzo raspadaju za razliku od drugih ćelija (poreklom iz jetre) koje ostaju ne promenjene i nastavljaju svoju funkciju (Biaglow i sar. 1981). Međutim, limfociti u kulturi stimulirani mitogenim agensima postaju metabolički i biosintetski aktivni i sposobni za deobu i kao takvi veoma pogodni za ispitivanja delovanja zračenja, mutagenih i radiozaštitnih agenasa.

Ovaj rad je deo ispitivanja koja se odnose na izučavanje hemijskih agenasa primenljivih u radiozaštiti limfocita. U radu su prikazani rezultati delovanja alantoina, kao hemijskog agenasa, koji ne poseduje SH grupu, na limfocite u kulturi ozračivane pre i posle njegovog dodavanja.

MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanja su vršena na limfocitima periferne krvi svinja, rase "švedski landras", i n v i t r o. Izdvajanje limfocita iz pune krvi, postavljanje kulture ćelija, kao i uslovi zračenja dati su u radu Begović i sarad. 1981.

Alantoin ($C_4 H_6 N_4 O_3$) je dodavan kulturi ćelija osam časova pre ili posle zračenja, 20. sata od početka inkubacije, tj. na prelasku iz G_1 u S fazu ćelijskog ciklusa. Koncentracije alantoina koje su dodavane kulturama ćelija su: $c_1 = 10^{-4}$, $c_2 = 10^{-6}$ i $c_3 = 10^{-9}$ grama na litar. Doze zračenja su bile: 4,5 9,0, 13,5 i 18,0 Gy.

Kulture ćelija su postavljane u tripliřatu, a rezultati prikazani u tabeli i na grafikonima izraženi kao imp/min u DNK inkorporiranog 3H -timidina i kao procenat preživelih ćelija, su srednje vrednosti tri pojedinačna merenja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Alantoin, kao jedna od aktivnih supstanci "agrostemina", ispitivan na materijalu biljnog porekla pokazao je izrazito stimulatívno delovanje na prinos žitarica i raznog povrća, Gajić i sarad. 1981.

Upravo zbog ovako izraženog njegovog stimulatívno delova-

nja na biljni svet interesovao nas je njegov uticaj na ćelije animalnog porekla u kulturi, a pošto su naša dosadašnja ispitivanja vršena u cilju zaštite ćelija od jonizujućih zračenja to je i delovanje alantoina praćeno sa ovog aspekta.

Rezultati ispitivanja su pokazali da alantoin ispoljava zaštitno svojstvo prilikom ozraćivanja limfocita u kulturi. To se vidi iz rezultata prikazanih u tabeli 1. u kojoj su date vrednosti u imp/min. i predstavljaju nivo inkorporiranog obeleženog timidina u novo sintetizovanu DNK u ćelijama koje su preživele zraćenje.

TABELA 1. Delovanje alantoina razlićitih koncentracija na limfocite u kulturi ozraćivane sa 4,5 Gy na prelazu iz G₁ u S fazu ćelijskog ciklusa (imp/min).

koncentracija alantoina (u g/l)	I ozraćene pre dodavanja alantoina	II ozraćene posle dodavanja alantoina	III nezraćene tretirane kulture
C ₁ = 10 ⁻⁴	30.864	50.031	52.784
C ₂ = 10 ⁻⁶	32.273	67.723	56.393
C ₃ = 10 ⁻⁹	34.650	83.171	61.980

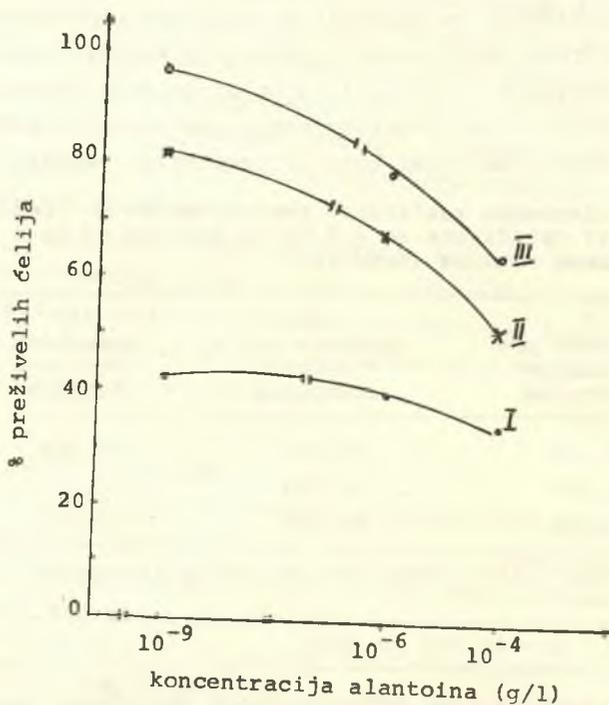
kulture ćelija ozraćene u isto vreme bez prisustva alantoina - K' - 45.198 imp/min.

neozraćivane kulture - K = 86.973 imp/min.

Iz tabele se vidi da nivo inkorporiranog obeleženog timidina u novosintetizovanu DNK raste sa smanjenjem koncentracije i to kod prve grupe znatno sporije nego kod druge (II), tj. ozraćene posle osmoćasovnog delovanja alantoina, i kod druge i treće koncentracije je nešto i viši u odnosu na nezraćene tretirane kulture. Statistićki su znaćajne razlike u nivou inkorporiranog timidina u kulturama ozraćenim pre i posle delovanja alantoina što znaći da on u znaćajnoj meri smanjuje radijaciono oštećenje izazvano X-zraćima, jer su samo zraćenjem neoštećeni limfociti sposobni da sintetizuju DNK.

Na grafikonu 1. prikazan je procenat preživljavanja ćelija u odnosu na nezraćene i alantoinom netretirane ćelije (K). Procenat preživelih ćelija je znatno niži u kulturama ozraćenim pre delovanja alantoina, a u oba slućaja (I i II) opada sa povišenjem njegove koncentracije. Kod kultura ozraćenih pre delovanja alantoina procenat preživelih ćelija je približno isti kod svih ispitivanih koncentracija što je verovatno posledica oštećenja ćelija i

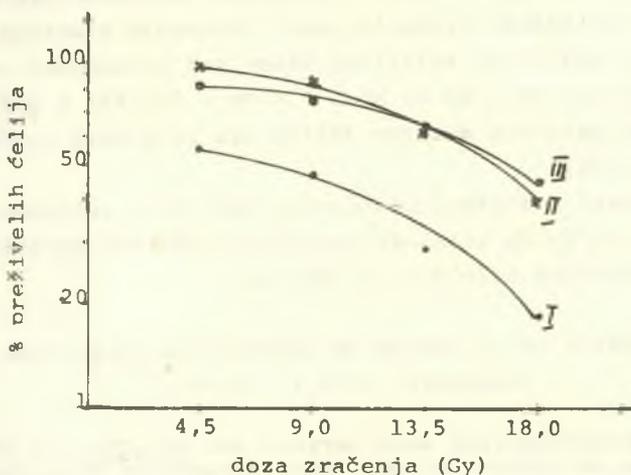
njihovog sporijeg oporavka posle zračenja. Najviši procenat preživljavanja ćelija zapaža se pri delovanju sa koncentracijom alantoina od 10^{-9} g/l i to kod sve tri grupe (I-39,84, II-95,63% i III-94,26%), čak je u nezračenim tretiranim kulturama ćelija ovaj procenat nešto niži nego u zračenih posle delovanja alantoina.



Grafikon 1. Procenat preživljavanja ćelija u kulturama ozračenim dozom od 4,5 Gy u zavisnosti od koncentracije alantoina. I-pre, II-posle i III-nezračene alantoinom tretirane kulture ćelija.

Na grafikonu 2 prikazan je procenat preživljavanja ćelija u zavisnosti od doze zračenja. Procenat preživelih ćelija znatno brže opada sa dozom zračenja u kulturama ozračenim pre delovanja alantoina nego u onima ozračenim posle njegovog delovanja (I-4,5 Gy-57,34%, 18,0Gy-20,92%; II-83,83% do 36,18% za iste doze zračenja). Poredjenjem procenata preživljavanja na krivima II i III zapaža se da je pri nižim dozama zračenja (4,5 i 9,0 Gy) procenat preživelih ćelija viši u kulturama tretiranim alantoinom pre zračenja (83,83% odn. 78,8%) nego u samo ozračivanim kulturama (79,1, odn. 70,57%), a skor je isti kod doze od 13,5 Gy). Relativno visok

procenat preživljavanja ćelija u kombinovanom delovanju zračenja niskim dozama i ovog hemijskog agensa ukazuje da alantoin ne potpomaže štetno delovanje zračenja.



Grafikon 2. Procenat preživljavanja ćelija u odnosu na doze zračenja u kasnoj G_1 i ranoj S fazi ćelijskog ciklusa. Koncentracija alantoina 10^{-9} g/l. III-ozračene ne tretirane kulture.

Zaključak

Ispitivanja delovanja alantoina na limfocite periferne krvi svinja ozračivane sa X-zracima na prelazu iz G_1 u S fazu ćelijskog ciklusa su pokazala:

- da nivo inkorporiranog ^3H -timidina u novosintetizovanoj DNK raste sa smanjenjem koncentracije alantoina (od 10^{-4} ka 10^{-9} g/l) i znatno je viši u kulturama ozračenim posle njegovog osmočasnog delovanja nego u kulturama ozračivanim pre dodavanja istog.

- da je procenat preživljavanja ćelija statistički značajno niži u slučaju ozračivanja pre predhodnog delovanja alantoina u sve tri ispitivane koncentracije u odnosu na kulture ozračene posle njegovog delovanja. Najviši procenat preživljavanja ćelija postignut je sa koncentracijom od 10^{-9} g/l alantoina (I-39,84, II-95,62 i III-94,26%). Ovako visok procenat preživljavanja ćelija u slučaju kombinovanog delovanja alantoina (prisutan pre zračenja) i niske doze zračenja (4,5 Gy) ukazuje na njegov zaštitni efekat, a procenat 94,26% kod nezračenih tretiranih kultura pokazuje da on

sam po sebi u kontaktu sa ćelijama izaziva neznatno oštećenje ćelija.

- da procenat preživljavanja ćelija opada sa porastom doze zračenja i izrazito je niži u kulturama ozračenim pre delovanja alantoina. U kulturama ozračenim posle delovanja alantoina procenat preživelih ćelija je relativno visok kod primenjenih nižih doza zračenja (4,5 Gy - 83,83 odn. 9,0 Gy - 78,78%) i viši je u odnosu na samo ozračene kulture ćelija (za iste doze zračenja 79,1% odn. 70,57%).

Prikazani rezultati postignuti pod datim uslovima ispitivanja ukazuju na to da alantoin ispoljava zaštitno svojstvo u kontaktu sa limfocitima izloženim X-zracima.

THE EFFECT OF ALLANTOIN ON LYMPHOCYTES IN CULTURE IRRADIATED WITH X - RAYS

The investigations were carried out *in vitro* on lymphocytes of porcine peripheral blood. After separation from whole blood, the lymphocytes were incubated in the presence of the non-specific mitogen, phytohemagglutinin (PHA). In late G₁ and early S phase the lymphocyte cultures were irradiated with different doses of X-rays (4,5, 9,0, 13,5 i 18,0 Gy). Allantoin was added to the cultures in different concentrations (10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-9} g/l) eight hours before or after irradiating the cultures. The results obtained showed that allantoin, a compound which does not contain SH group which are characteristic for chemical agents known to act as protectors from irradiation, exhibits protective properties during the irradiation of lymphocytes.

Reference

1. Badiello, R.: 5th International Congress, Radiation Protection, vol.2, str.1025, Pergamon Press, Oxford, 1980.
2. Biaglow, J.E.: J. Chemical Education (1981), 58, 144-156.
3. Begović, J., S. Stanković i R. Mitrović; (1981), X Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož.
4. Grupa autora: Agrostemin u povećanju i poboljšanju prinosa (1981), br. 163 (2).
5. Leenhouts, H.P., K.H. Chadwick i A. Cebulska-Wasilewska: 5th. International Congress, Radiation Protection, vol. 2, str. 1155, Pergamon Press, Oxford, 1980.
6. Lubbe, F.H., H. Hooijkaas, A.A. Preesman, O.B. Zaalberg i R. Benner, (1982) Int.J. Radiat. Biol. 42 (2) 131-139.

IV с е н ц и ј а : Д О З И М Е Т Р И Ј А

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

Orlić Milan

Vojnotehnički institut-Beograd, Katanićeva 15

Z-DISTRIBUCIJA NEUTRONA U MEKOM TKIVU

REZIME Analizirana je Z-distribucija neutrona u mekom tkivu na nivou ćelije. Korišćenjem metoda Monte Karlo dobijene su Z-distribucije za brze neutrone pri različitim dozama. Ukazano je i na mogućnost primene dobijenih rezultata za određivanje RBE neutrona.

U V O D

Interakcija nuklearnog zračenja sa materijalom manifestuje se u nekoliko sukcesivnih etapa: fizička, fizičko-hemijska, hemijska, biohemijska i biološka. Poslednje dve faze odnose se samo na živu materiju. Od svih ovih faza najbolje je izučena fizička, tako da je u dozimetriji odomaćen pristup traženja korelacije između konačnih efekata zračenja i veličina koje se koriste u radijacionoj fizici. Taj pristup zastupljen je i u ovom radu.

Osnovna fizička veličina koja se koristi za procenu efekata nuklearnog zračenja jeste apsorbovana doza. To je makroskopska veličina koja se definiše kao odnos $\Delta E_D / \Delta m$, gde je ΔE_D - energija koju zračenje predaje elementu materijala mase Δm . Ova definicija važi ako su statističke fluktuacije, koje uvek prate proces interakcije zračenja sa materijalom, zanemarljive. To je slučaj samo ukoliko je zapremina elementa u kome se određuje doza dovoljno velika, što zavisi od vrste i energije zračenja. Sa druge strane, ova zapremina ne sme biti suviše velika jer apsorbovana doza postaje neodređena.

Svi efekti nuklearnog zračenja u živoj materiji dešavaju se na nivou ćelije ili njenih sastavnih delova (jedro, hromozomi, ...). Kako su tipične dimenzije ćelije znatno manje od dometa naelektrisa-

nih čestica (elektrona i protona), statističke fluktuacije apsorbovane doze na nivou ćelije su velike pa pojam apsorbovana doza gubi smisao. Umesto nje uvodi se slučajna veličina koja ima iste dimenzije kao i doza, a koja se zove specifična energija /1/. Ona se za određeni tip zračenja date energije ili spektra, karakteriše funkcijom raspodele koja se skraćeno zove Z-distribucija.

O P I S M O D E L A

U ovom radu razvijen je postupak za izračunavanje Z-distribucije brzih neutrona u mekom tkivu. Baziran je na metodu Monte Karlo. U njegovoj osnovi leži činjenica da je domet izbijenih protona znatno manji od srednje slobodne putanje neutrona u mekom tkivu. Za neutrone energije 0.1 MeV taj odnos iznosi oko 0.002 /1/. Drugim rečima važi "protonska ravnoteža".

Meko tkivo se sastoji od većeg broja elemenata, od kojih su najznačajniji: vodonik, ugljenik, azot i kiseonik. Njihove koncentracije su: 5.92×10^{22} , 9.03×10^{21} , 1.29×10^{21} i 2.45×10^{22} cm^{-3} respektivno, a odgovarajući srednji jonizacioni potencijali: 18, 78, 85 i 98 eV /3/.

Postoji veći broj tipova interakcije brzih neutrona sa jezgama ovih elemenata /2/. Medjutim, značaj ovih reakcija u ukupnom doprinosu apsorbovanoj dozi nije isti. Za meko tkivo daleko najznačajnija reakcija je elastično rasejanje na jezgama vodonika $H(n,n)H$. Tek kao korekcija mogu se uključiti još dve reakcije: $O(n,n)O$ i $C(n,n)C$ /3/. Vrednosti preseka za ove reakcije date su u /4/.

Transport jezgara vodonika (protoni), kiseonika i ugljenika kroz materijal opisan je Bethe-ovom jednačinom /1,3/ za jonizacionu sposobnost

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4e^4 z^2}{m_0 v^2} \sum_i N_i Z_i \left[\ln \frac{2m_0 v^2}{I_i} - \ln(1-v^2/c^2) - v^2/c^2 \right] \quad (1)$$

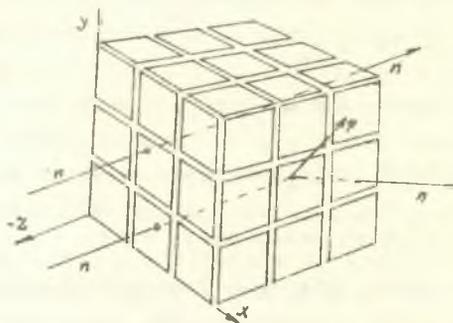
gde je E-energija čestice, v-brzina čestice, z-naelektrisanje čestice, m_0 -masa mirovanja elektrona, e-naelektrisanje elektrona, N_i -koncentracija i-te vrste atoma u smeši i I_i -njihovi odgovarajući srednji jonizacioni potencijali. Na osnovu svih ovih podataka može se formulisati i sam algoritam.

Meko tkivo aproksimira se kockom koja se sastoji od većeg broja manjih kockica. Strane ovih kockica odgovaraju tipičnim dimenzijama ćelije. Da bi računanje bilo korektno, broj manjih kockica treba da je toliki da dimenzije velike kocke budu nekoliko puta veće od dometa sekundarnih protona maksimalne energije. Međutim, to bi zahtevalo, za simuliranje ćelije prečnika $1\ \mu\text{m}$, memoriju računara od 10^6 podataka. Posebnim postupkom u algoritmu, ovaj problem se može izbjeći. Velika kocka se formira od onolikog broja ćelija koliko to dopušta memorija računara. Ali, zato se svaki proton, koji u toku svog transporta napusti posmatranu zapreminu, vraća nazad u nju sa energijom koju je imao u trenutku napuštanja. Ovo se ponavlja sve dok proton ne izgubi svu energiju, odnosno dok ne dodje do energije praga, kada se smatra da je zaustavljen. Ovim se ustvari simulira uslov ravnoteže naelektrisanih čestica (protona).

Geometrija korišćena u ovom modelu prikazana je na sl.1. Sa prednje strane kocke padaju brzi neutroni (posmatraju se energije od 1 do 14 MeV). Njihov broj, odnosno broj istorija u algoritmu zavisi od neutronске doze D_n na mestu kocke i površine jedne strane kocke S , i dat je izrazom

$$N = D S / K_F \quad (2)$$

gde je K_F -konverzioni faktor neutronski fluens-doza koji je za meko tkivo dat u /5/.



Sl.1 Geometrija korišćena u modelu

Neutroni padaju normalno na prednju stranu kocke. Koordinate (x,y) za svaku istoriju biraju se slučajno

$$x = D \cdot R_j \quad (3)$$

$$y = D \cdot R_j \quad (4)$$

gde je R_j -slučajni broj uniformne raspodele u intervalu (0,1). Treća koordinata (z) prve interakcije svakog novog upadnog neutrona razigrava se prema poznatoj formuli za eksponencijalnu raspodelu /6/

$$z = - \ln(R_j) / \Sigma_t \quad (5)$$

gde je Σ_t -totalni makroskopski presek za interakciju neutrona sa mekim tkivom. Pri svakoj neutronske istoriji ispituje se da li je z koordinata, izračunata prema (5), manja od dužine kocke ($z < D$). Ako jeste, u kocki se desila interakcija.

U ovom modelu posmatra se samo jedna reakcija - elastično rasejanje na jezgru vodonika. Moguća je jednostavna dopuna i drugim reakcijama. Ako se sa Σ_{e1} označi makroskopski presek za elastično rasejanje na jezgrima vodonika, onda se razigravanje tipa reakcije vrši prema uslovu

$$\begin{aligned} R_j \leq \Sigma_{e1} / \Sigma_t, & \text{ desilo se elastično rasejanje na H} \\ R_j > \Sigma_{e1} / \Sigma_t, & \text{ desila se druga reakcija.} \end{aligned} \quad (6)$$

Ukoliko se desilo elastično rasejanje na vodoniku, potrebno je odrediti energiju stvorenog protona E_p , kao i pravac njegovog kretanja određen uglovima azimuta \mathcal{A} i elevacije φ preko relacija /7/

$$E_p = E_n \cdot R_{j1} \quad (7)$$

$$\cos \mathcal{A} = R_{j1}^{1/2} \quad (8)$$

$$\sin \varphi = 2 R_{j2}^2 / A \quad (9)$$

$$\cos \varphi = (R_{j1}^2 - R_{j2}^2) \quad (10)$$

gde je $A = (R_{j1}^2 + R_{j2}^2)$ uz uslov da je $A < 1$.

Na osnovu koordinata prve interakcije (x, y, z) određuje se ćelija u kojoj je došlo do interakcije. Svaka ćelija definisana je sa tri prirodna broja I, J i K , koji se kreću od 1 do $NK = D/D_c$, gde je D_c -dužina strane ćelije. Ovi brojevi određuju se prema izrazima

$$I = \text{int}(x/D_c) + 1 \quad (11)$$

$$J = \text{int}(y/D_c) + 1 \quad (12)$$

$$K = \text{int}(z/D_c) + 1 \quad (13)$$

Zatim se traži prodor pravca protona kroz ovu ćeliju i na osnovu njega odredi put R koji je proton prešao u toj ćeliji. Ovo je čisto geometrijski problem pa se ne daju odgovarajuće formule. Pošto je energija E koju proton ostavi u ćeliji pri prolazu kroz nju znatno manja od same energije protona E_p , ona može da se izračuna prema

$$E = \frac{dE}{dx} R \quad (14)$$

gde je dE/dx dato izrazom (1). Ova energija može odmah da se preračuna u specifičnu energiju ćelije (I, J, K)

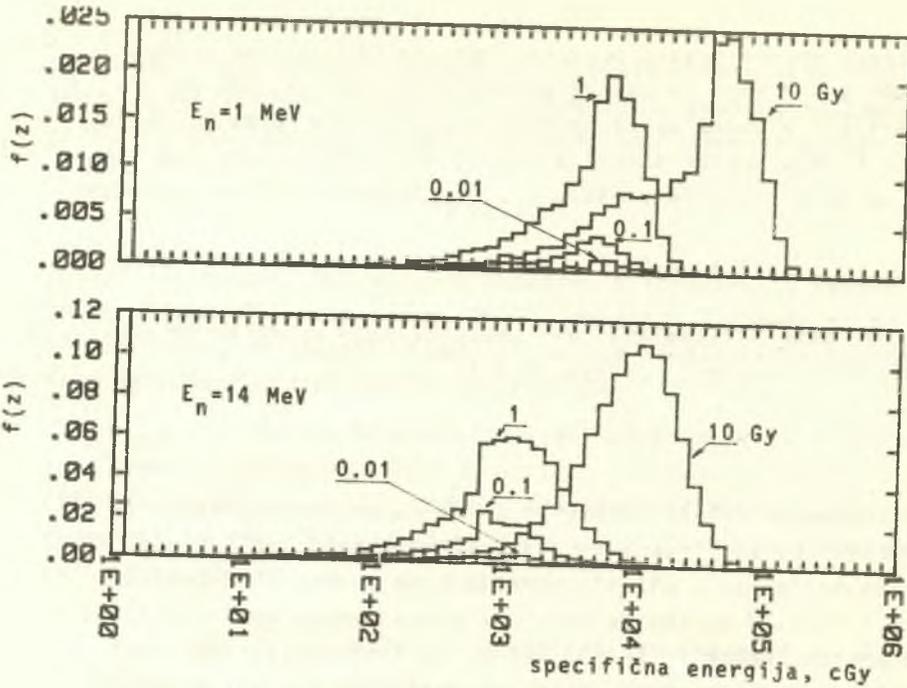
$$Z(I, J, K) = E / V_c \quad (15)$$

gde je V_c -zapremina ćelije (uzeto je da je gustina mekog tkiva 1 g/cm^3). Proton nastavlja da gubi energiju kontinualno u susednim ćelijama. Koja je ćelija u pitanju određuje se ponovo po formulama (11), (12) i (13), a koliko je energije ostavljeno u njoj po (14) i (15). Ako proton izadje iz velike kocke, sa suprotne strane ulazi novi sa istom energijom. Ovaj proces se nastavlja sve dok mu energija ne padne ispod energije praga. Preostala energija se apsorbuje u poslednjoj ćeliji u kojoj je proton bio. Ako proton prodje kroz istu ćeliju više puta, ostavljene energije se sabiraju.

REZULTATI I DISKUSIJA

Proračuni na računaru izvršeni su za neutrone energije od 1 MeV do 14 MeV, za neutronske doze od 0.01 Gy do 10 Gy. Na sl.2 prikazani su rezultati za dve energije 1 i 14 MeV i za doze od 0.01, 0.1, 1 i 10 Gy. Sa slike se može uočiti da su maksimumi Z-distribucija pomereni prema većim vrednostima specifične energije, s tim da je ovo pomeranje manje za neutrone energije 14 MeV. U prvom kanalu spektra smeštene su ćelije koje imaju nultu specifičnu energiju.

Sa povećanjem doze Z-distribucija se sve više šužava. To je posledica sve ravnomernije raspodele energije po ćelijama. Z-distribucija gama zračenja ima izraženiji maksimum /1/ i pri nižim dozama. Dakle, pri visokim dozama Z-distribucije neutronske i gama zračenja postaju slične. Zbog toga su i njihovi efekti u mekom tkivu gotovo isti, a to znači da je relativna biološka efikasnost neutrona bliska jedinici. Na osnovu Z-distribucija moguća su dalja proučavanja dejstva zračenja na materijal. Primer je teorija dvostrukog dejstva /7/.



Sl.2 Z-distribucija brzih neutrona u mekom tkivu.
Brojevi pored spektrara označavaju dozu neutrona.

ABSTRACT THE NEUTRON SOFT TISSUE Z-DISTRIBUTION

The neutron Z-distributions for soft tissue living cells has been analysed. Using Monte Karlo method, we get fast neutron Z-distributions at diferent dosis. It is indicated that this results can be used to neutron RBE estimation.

L I T E R A T U R A

- /1/ RADIATION DOSIMETRY, Second ed., Vol.1, Ed.: F.H.Attix & W.C.Roesch, Academic Press, New York, 1968.
- /2/ W.S.Snyder, Depth Dose in an Anthropomorphic Phantom for Neutrons Beams of Energies up to 14 MeV, Radiation Dosimetry, Vol1, Proc. of the Inter.Summer School on Ra c.Prot., Cavtat, 1970.
- /3/ PRINCIPLES OF RADIATION PROTECTION, Ed.: K.Z.Morgan & J.E.Turner, John Wiley & Sons, New York, 1967.
- /4/ Ju.A.Medved, B.M.Stepanov, G.Ja.Truhanov, Jaderno-fizičeskie konstanti vzajmodejstvija neutronov s elementami vhodjaščimi v sostav atmosfere i zemnoi kori, Spravočnik, Energoizdat, Moskva, 1981.
- /5/ P.N.Stevens, H.C.Clainborne, Weapons Radiations Shielding Handbook, Chap.2., Def.Atomic Supp.Agency, Washington, 1970.
- /6/ I.M.Sobol; Čislenñie metodi Monte-Karlo, Nauka, Moskva, 1973.
- /7/ V.I.Ivanov, V.I.Liscov, OSNOVI MIKRODOZIMETRII, Atomizdat, Moskva, 1979.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

D.Nikezić, P.Marković, M.Danilović

Prirodno Matematički fakultet, Institut za fiziku, Kragujevac

IZVOĐENJE IZRAZA ZA PREDATU ENERGIJU ϵ , JONIZUJUĆEG ZRAČENJA
I RAČUNANJE KOEFICIJENTA APSORPCIJE KORIŠĆENJEM IZRAZA ZA ϵ

REZIME: U radu smo izveli izraze za predatu energiju jonizujućeg zračenja za pojedine procese. Dobijene izraze smo iskoristili za računanje koeficijenata apsorpcije za razne materijale. Rezultati su prikazani grafički i upoređeni su sa tabličnim vrednostima.

1. Uvod

Predata energija je jedna od osnovnih veličina u radijacionoj dozimetriji. Njen značaj proističe iz činjenice da ona ulazi u definiciju apsorbovane doze. Predata energija jonizujućeg zračenja, materiji u nekom elementu zapremine, se definiše na sledeći način:

$$\epsilon = T_{in} - T_{out} + \Sigma Q \quad (1)$$

gde je T_{in} suma energija, isključujući energiju mase mirovanja, svih direktno i indirektno jonizujućih čestica koje uđu u razmatranu zapreminu, T_{out} je suma energija, isključujući energiju mase mirovanja, svih direktno i indirektno jonizujućih čestica koje izađu iz zapremine i ΣQ je ukupna energija koja je oslobođena minus ukupna energija koja je utrošena u bilo kojim transformacijama jezgra i elementarnih čestica koje su se dogodile u toj zapremini. Predata energija, masi u nekom elementu zapremine se može izraziti na sledeći način:

$$\epsilon = \Sigma \Delta \epsilon_i \quad (2)$$

gde je $\Delta \epsilon_i$ doprinos predatoj energiji u i-tom procesu interakcije.

U referenci /2/ je pokazano da se energija u jednom procesu interakcije može izraziti jednačinom

$$\Delta \epsilon = T_b - \Sigma T_a + Q \quad (3)$$

pri čemu je T_b kinetička energija incidentne čestice, ΣT_a je suma kinetičkih energija svih jonizujućih čestica posle interakcije i

Q je promena mase mirovanja jezgra i elementarnih čestica u interakciji. Ako jedna incidentna čestica energije T_b inicira n procesa u razmatranoj zapremini, ukupna predata energija je

$$\mathcal{E}_{T_b} = T_b - \sum_{i=1}^k T_{out,i} + Q \quad (4)$$

gde je $\sum_{i=1}^k T_{out,i}$ ukupna kinetička energija svih jonizujućih čestica koje su izašle iz zapremine, a stvorene su interakcijama incidentne čestice. U slučaju da je u razmatranu zapreminu ušlo k čestica, ukupna predata energija će biti:

$$\mathcal{E} = \sum_{j=1}^k T_{b,j} - \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m T_{out,i,j} + \sum_{j=1}^k Q_j \quad (5)$$

Prvi i drugi član na desnoj strani jednačine (5) predstavljaju ukupnu kinetičku energiju svih jonizujućih čestica koje su ušle i izašle iz razmatrane zapremine, a $\sum_{j=1}^k Q_j$ je ukupna promena mase mirovanja.

2. Predata energija za pojedine procese

Korišćenjem jednačine (3), izveli smo izraze za predatu energiju za više procesa. Kao primer, navodimo izvođenje izraza za predatu energiju u Komptonovom efektu.

Foton energije $h\nu$ se rasejava na slobodnom elektronu u miru. Posle interakcije foton ima energiju $h\nu'$, a elektron T_e . Za ovaj proces $Q=0$ i na osnovu jednačine (3) dobijamo

$$\Delta\mathcal{E} = h\nu - h\nu' \quad (6)$$

Iz zakona održanja energije dobijamo

$$h\nu = h\nu' + T_e \quad (7)$$

Kombinujući jednačine (6) i (7) dobijamo predatu energiju u Komptonovom efektu i ona je jednaka energiji elektrona, tj.

$$\Delta\mathcal{E} = T_e \quad (8)$$

Ovakav izraz smo dobili uz pretpostavku da je rasejani foton jonizujuća čestica a elektron ne.

Rezultate izvođenja za druge procese dajemo u tabeli broj 1.

TAB.br. 1 Izrazi za predatu energiju za razne procese

proces	izraz za predatu energiju	objašnjenja oznaka
Fotoefekat	$\Delta\mathcal{E} = T_e + \sum_i h\nu_i$	$\sum_i h\nu_i$ - energija nejonizujućih fotona koji se emituju deekscitacijom atoma
Komptonov ef.	$\Delta\mathcal{E} = T_e$	

nastavak tabele broj 1

Proces proizvodnje parova	$\Delta\xi = T_j$	T_j je energija uzmaka jezgra u čijem polju se desio par efekat.
Alfa raspad	$\Delta\xi = T_j + B - B'$	B, B' su ukupne energije veze elektrona u atomu pre i posle raspada.
Beta raspad	$\Delta\xi = T_j + B - B'$	- - -
Gama raspad	$\Delta\xi = T_j$	- - -
Elastično rasejanje neutrona	$\Delta\xi = T_j$	T_j je energija jezgra sa kojim se neutron sudario.
Neelastično rasejanje neutrona	$\Delta\xi = T_j + \Delta B_j$	ΔB_j je promena energije veze jezgra sa kojim se neutron sudario.

3. Računanje masenih koeficijenta apsorpcije

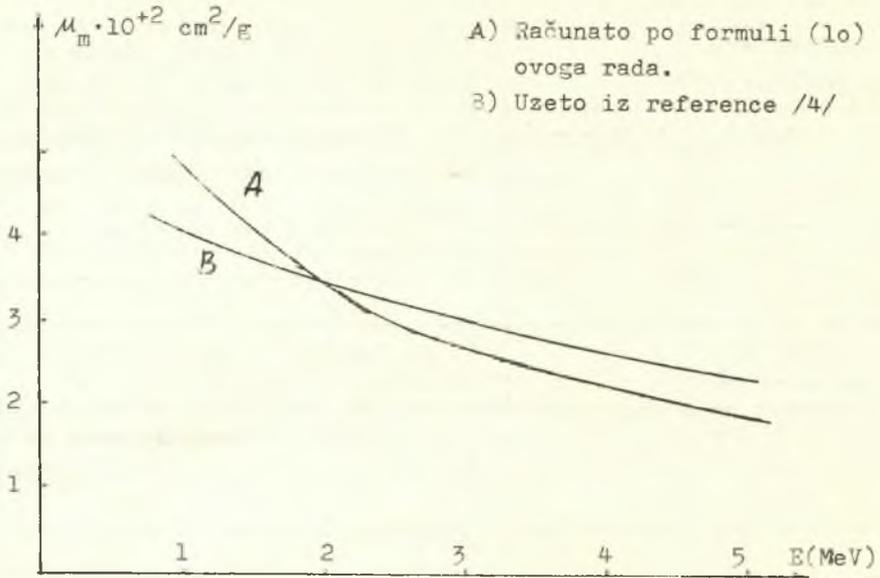
Izvedene jednačine za predatu energiju smo iskoristili za računanje koeficijenta apsorpcije za Komptonov efekat za više materijala, kao što su: olovo, natrijum jodid, vazduh i voda. Za foton energije $h\nu$, maseni koeficijent apsorpcije nekog materijala, za neki efekat je dat izrazom:

$$\mu_m = \frac{N_{av} \overline{\Delta\xi}}{h\nu A} \sigma \quad (9)$$

gde N_{av} Avogadrov broj, A atomska masa materijala, σ efikasni presek efekta i $\overline{\Delta\xi}$ srednja vrednost predate energije za dati proces. Ako za σ uzmemo presek za Komptonov efekat, a za $\overline{\Delta\xi}$ izraz iz jednačine (8) dobićemo maseni apsorpcioni koeficijent za Komptonov efekat:

$$\mu_m = 0,005957 \left\{ \frac{1+\alpha}{\alpha^2} \left[\frac{2(1+\alpha)}{1+2\alpha} - \frac{1}{\alpha} \ln(1+2\alpha) \right] + \frac{1}{2\alpha} \ln(1+2\alpha) \right\} \cdot \frac{2\alpha h\nu}{2+\alpha} \quad (10)$$

U jednačini (10) α je odnos energije fotona i $m_0 c^2$ (m_0 masa elektrona). Detalji izvođenja formula (9) i (10) se mogu naći u referenci /3/. Rezultate računanja za olovo po formuli (10) smo prikazali na slici broj 1. Na istom grafiku smo dobijene rezultate uporedili sa tabličnim vrednostima uzetim iz reference /4/.



Sl-1 Maseni koeficijnat apsorpcije za Komptonov efekat za olovo

ABSTRACT

Expressions for energy imparted, ξ , by ionizing radiation to matter are derived for different process of interaction. These were used to calculate absorption coefficients for different materials.

REFERENCE

1. ICRU, Radiation Quantities and Units. Report 19, International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D.C., 1971.
2. G. Alm Carlsson, Basic concept in dosimetry. A critical analysis of the concepts of ionizing radiation and energy imparted. Radiation Research 75, 462-470 (1978)
3. M. Danilović, Kritička analiza concepta predate energije, ξ , diplomski rad, P.M.F., Kragujevac, 1982.
4. E. Storm, H. Israel, Photon cross sections from 0,001 to 100 MeV for elements 1 through 100, Los Alamos Scientific Laboratory, New Mexico, 1967.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31. maj - 3. jun 1983.

Jasmina Vujić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Centar za permanentno obrazovanje "Škola"

OCENA OSETLJIVOSTI GAMA-DEFEKTOSKOPIJE

PRIMENOM METODE MONTE KARLO

REZIME Transport gama zračenja kroz materijal sa defektom je simuliran metodom Monte Karlo. Prema matematičko-fizičkom modelu razvijen je računarski program DEFEKT za proračun prostorno-energetske raspodele fotona koji napuštaju materijal sa defektom. U programu je korišćena UKNDL - biblioteka nuklearnih podataka za fotonske interakcije. Na primeru gvozdene osovine ocenjena je osetljivost gama radiografije, u funkciji energije gama zračenja i dimenzija defekta, odnosno, pokazane su neke od mogućnosti primene metode Monte Karlo u ovoj oblasti.

1. UVOD

Danas se u svetu, a i kod nas, sve više primenjuju radijacione metode u defektoskopiji materijala. Kao izvori jonizujućeg zračenja se najčešće koriste gama-emiteri i generatori X zračenja, zbog jednostavnosti rukovanja odgovarajućim aparaturama i mogućnosti rada u terenskim uslovima. Pored ovih izvora, u poslednje vreme se koriste i druge vrste zračenja (neutronska, protonsko) /1/.

Izbor odredjene metode prozračavanja, pri datom skupu parametara, u mnogome će zavisići od njene osetljivosti, tj. od veličine minimalnog defekta u odnosu na ukupnu debljinu materijala, koji je moguće uočiti. Prema podacima iz literature, osetljivost radiografske tehnike se kreće od 1-2% /2/ do 0.2% pod izuzetno povoljnim uslovima pri X-radiografiji /3/. Do tih podataka se došlo, uglavnom, eksperimentalno i utvrđeno je da veličina osetljivosti veoma zavisi od konkretnih parametara pri prozračavanju, a naročito od osetljivosti detektora zračenja, u ovom slučaju - radiografskog filma. Ovde će biti izneti neki rezultati do kojih se došlo u odgovaraju-

ćem teorijskom sksperimentu.

2. USVOJENI MATEMATIČKO-FIZIČKI MODEL I GEOMETRIJA EKSPERIMENTA

Matematičko-fizički model teorijskog eksperimenta se zasniva na Monte Karlo metodi direktne simulacije trodimenzionalnog transporta fotona kroz materijal, tj. praćenju istorije svakog fotona, od momenta napuštanja izvora, pa sve do momenta njegove apsorpcije ili umicanja iz posmatrane oblasti. Pri tome je usvojeno sledeće: izvor fotona je tačkast; emitovani fotoni imaju izotropnu ugaonu raspodelu; zanemarena je apsorpcija fotona u vazduhu, odnosno unutar defekta; foton interaguje sa sredinom u procesima Komptonovog rasejanja, fotoefekta i proizvodnja parova; pozitron se anihilira na mestu nastanka i prati se samo jedan anihilacioni foton, kome je data dvostruka "težina" i čiji je pravac kretanja izotropan u odnosu na pravac upadnog fotona; prate se fotoni iz primarnog snopa, rasejani i anihilacioni fotoni, dok je zakočno zračenje zanemareno; materijal ima konačne dimenzije; kretanje fotona prestaje da se prati kad im energija opadne ispod 0.01 MeV; beleži se broj onih fotona, njihova energija i pravac, koji su po izlasku iz materijala pali na posmatrani deo radni $z = z_3$.

Svaka od ovih usvojenih pretpostavki ima svoje fizičko opravdanje /4,5,6/ i u funkciji je željene tačnosti rezultata, s jedne strane, i potrebnog vremena rada računara.

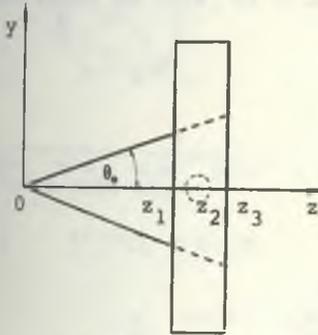
Pri izboru parametara teorijskog eksperimenta nastojalo se da on bude što sličniji realnom eksperimentu. Izvor zračenja je smešten u koordinatni početak (Sl. 1). Snop fotona je kolimisan u obliku konusa, sa uglom prema z-osi $\theta_0 = 10^\circ$. Rastojanje od izvora do ravni detekcije ($z = z_3$), iznosi 220 mm. Predmet prozračavanja je gvozdена osovina ($\varnothing 20 \times 180$ mm), koja je postavljena paralelno y-osi i simetrično u odnosu na z-osu.

Defekt je u obliku sferne šupljine sa centrom u tački $A(0,0,z_2)$, i poluprečnikom iz skupa (8, 5, 3, 2, 1, 0.5, 0.2 mm). Deo ravni $z = z_3$, koji igra ulogu detektora fotona, ima dimenzije 60x60 mm i podeljen je na 900 kvadratića (Sl. 2).

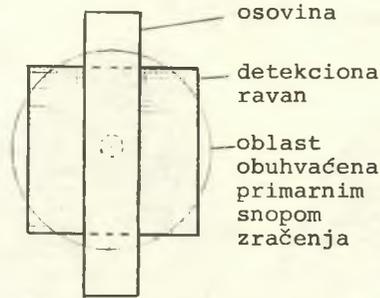
3. NEKI REZULTATI TEORIJSKOG EKSPERIMENTA

Na bazi navedenog matematičko-fizičkog modela, razvijen je računarski program DEFECT, pomoću koga se, za dati energetski spektar gama zračenja, dati materijal, dimenzije i položaj defekta, utvrđuje prostorno-energetska raspodela fotona iza materijala, odnos-

no fluens fotona, $\phi = \phi(x, y, R, E, \theta)$ i fluens energije, $\Psi = \Psi(x, y, R, E)$ (R-poluprečnik defekta, E - energija transmitovanih fotona). Program DEFEKT se sastoji od glavnog programa i deset potprograma, i zajedno sa računarskim programima TRIDE* (za crtanje u tri dimenzije) i KRIVE* (za crtanje dijagrama) pretstavlja celinu.



Sl. 1



Sl. 2

Kao izvori gama zračenja korišćeni su ^{60}Co (dve linije u gama spektru), ^{137}Cs (jedna linija) i ^{192}Ir (iz spektra je uzeto jednaest linija). Efikasni preseki za fotonske interakcije u gvoždju, za energije od 0.01 MeV do 1.4 MeV su određeni iz UKNDL - biblioteke nuklearnih podataka.

Na Sl. 3 je data prostorna promena fluensa fotona, $\phi = \phi(x, y)$ (prema položaju osovine i detekcijske ravni kao na Sl. 2), za izvor ^{192}Ir i poluprečnik defekta $R = 8$ mm. Uočava se približno ravnomerna raspodela fluensa fotona za deo na kome se ne nalazi osovina (izuzev oblasti koje nisu obuhvaćene primarnim snopom), dok iza osovine dolazi do slabljenja fluensa fotona sa izraženim lokalnim maksimumom na mestu defekta.

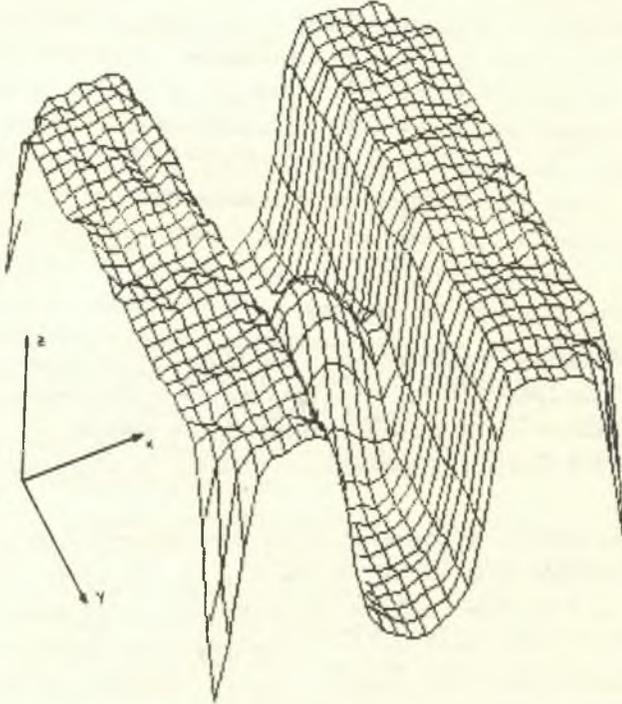
Na Sl. 4 za $y = 0$ (tj. presek površi $\phi = \phi(x, y)$ sa ravni $y=0$) je data zavisnost $\phi = \phi(x)$ za izvor ^{192}Ir i 4 veličine defekta ($R = 8; 5; 3; 2$ mm). Za izvore ^{137}Cs i ^{60}Co odgovarajući dijagrami su dati na Sl. 5 i Sl. 6. Za poluprečnik defekta ispod 1 mm dolazi do statističkih odstupanja zbog koraka matrice (u kojoj se beleži broj fotona) od 2 mm, tako da su sitniji defekti teže uočljivi.

Na Sl. 7 je data promena lokalnog maksimuma, $\phi_{\max} = \phi_{\max}(0, 0)$, u funkciji dimenzija defekta, za sva tri izvora zračenja. Kako se, uz zanemareno rasejanje u materijalu, može usvojiti eksponencijalni zakon slabljenja fotona, u tački B(0, 0, z_3) važi:

*Ovi programi su razvijeni u Vojnotehničkom institutu u Beogradu

$$\frac{\phi_{\max}}{\phi_{\text{omax}}} = \exp \left[-2 \cdot \mu(E) \cdot (R_c - R) \right]$$

gde je R_c - poluprečnik valjka. Ova zavisnost, za sva tri izvora zračenja, prikazana je na Sl. 8. Oblik dijagrama na Sl. 7 i Sl. 8 je sličan izuzev što se uočavaju odstupanja za $R < 1$ mm (zbog koraka matrice).

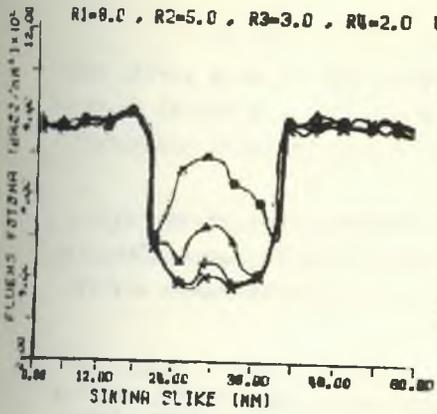


Sl. 3
FLUENS FOTONA

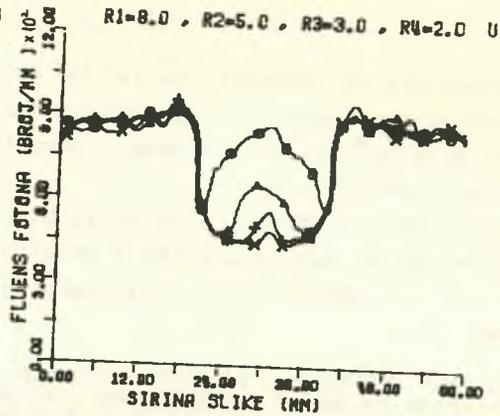
4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Iako je osovina zbog izražene razlike u debljini homogenog dela vrlo nezgodna za radiografska ispitivanja, **izabrana je kao predmet** koji se prozračava u ovom teorijskom skeperimentu, zbog sve većih potreba da se i kod osovinskih delova utvrde unutrašnji defekti pomoću radiografskih metoda.

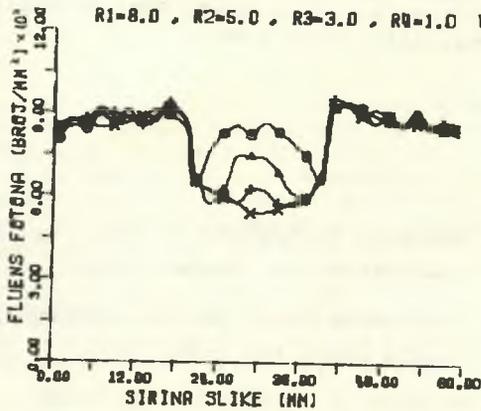
U analizi rezultata dobijenih primenom programa DEFEKT, nađeno je da su defekti poluprečnika do 1 mm lako uočljivi, dok se manji defekti ne uočavaju. To znači da za dati model postignuta osetljivost iznosi 1%. Dalji rad će biti posvećen ispitivanju defekata manjih prečnika (smanjiće se korak matrice). Takođe, biće unete i karakteristike filma (zavisnost zacrnjenja na filmu od energije zra-



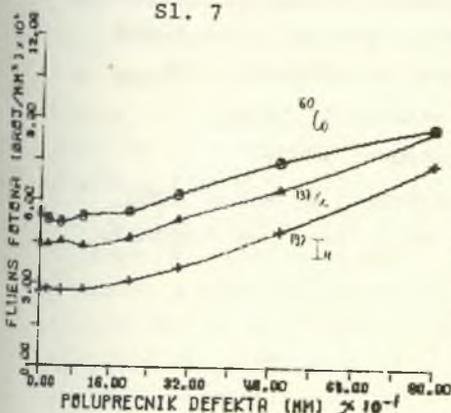
S1. 4 IZVOR: IR-192



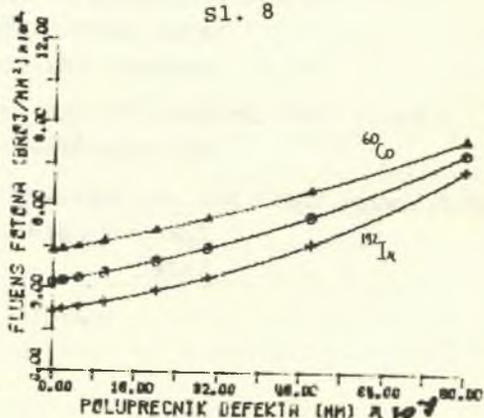
S1. 5 IZVOR: CS-137



S1. 6 IZVOR: Co-60



S1. 7



S1. 8

ZAVISNOST LOKALNOG MAKSIMUMA
FLUENSA FOTONA OD R. PROMER DEFEKT

ZAVISNOST LOKALNOG MAKSIMUMA
FLUENSA FOTONA OD VELICINE DEFEKTA

čenja), što će omogućiti da se pre stvarnog ispitivanja izvrše teorijski eksperimenti na računaru pomoću kojih će se odrediti osetljivost date radiografske metode i utvrditi najoptimalniji parametri željene osetljivosti.

Ovi rezultati ne bi mogli biti dobijeni, bez razumevanja i pomoći puk.dr Radovana Ilića i ostalih kolega sa Vojnotehničkog instituta u Beogradu koji su mi omogućili rad na računarskom sistemu SYBER 720.

ABSTRACT Gamma ray transport through a material with a defect is simulated by Monte Carlo method. Computer programme DEFECT, for the spatial and energy distribution determination of the transmitted photons, based on the mathematical approach. UKNDL-nuclear data library for photon interactions was used. Gamma radiography sensitivity, as a function of gamma ray energy and defect dimensions, on the example of the iron roller, was estimated. Some of abilities of Monte Carlo method application were shown.

L I T E R A T U R A

- /1/ R.S.Sharpe, ed.: RESEARCH TECHNIQUES IN NDT, Vol.II
Academic Press, London, 1973.
- /2/ R.C.McMaster, ed.: NONDESTRUCTIVE TESTING HANDBOOK,
Ronald Press, New York, 1959.
- /3/ R.Halmshaw, ed.: PHYSICS OF INDUSTRIAL RADIOLOGY,
Heywood Books, London, 1966.
- /4/ R.Ilić: STUDIJA TRANSPORTA GAMA KVANTA I SEKUNDARNIH ELEKTRONA
KROZ LIČNI DOZIMETAR METODOM MONTE KARLO,
doktorska disertacija, Beograd, 1978.
- /5/ J.Wood: COMPUTATIONAL METHODS IN REACTOR SHIELDING,
Pergamon Press, London, 1982.
- /6/ T.Lowry: GAMMA RAY AND ELEKTRON TRANSPORT BY MONTE CARLO,
doktorska disertacija, Univ. of Virginia,
1974.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983.

P.Strugar, D.Altiparmakov, N.Dašić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

PRORAČUN PROSTORNO-ENERGETSKE RASPODELE NEUTRONA U VAZDUHU

OKO 14 MeV-SKOG NEUTRONSKOG IZVORA

REZIME: Dati su rezultati proračuna prostorno-energetske raspodele neutrona u vazdušnoj sredini oko neutronske izvora energija 14 MeV-a. Kao model procesa korišćena je stacionarna integralna transportna jednačina neutrona u multigrupnoj aproksimaciji. Prostorna zavisnost neutronske fluksa je aproksimirana interpolacionim polinomima. Za proračun su korišćene Bondarenkove multigrupne konstante, koje su za oblast viših energija neutrona bile dopunjene sa drugim podacima iz literature. Rezultati proračuna grafički su prikazani za različita rastojanja od izvora neutrona. Račun pokazuje da intenzitet neutrona jako opada sa udaljavanjem od neutronske izvora. Bitne promene se takodje dešavaju i kod energetske zavisnosti neutronske fluksa. Rezultati su analizirani sa stanovišta opadanja doze neutrona, a naročito sa aspekta potrebe poznavanja ovakvih neutronske spektara prilikom izbora materijala zaštite i njenog dimenzionisanja.

1. UVOD

Prostorno-energetska raspodela neutrona u vazduhu oko 14 MeV-ske izvora neutrona opisuje se stacionarnom Boltzmann-ovom jednačinom. Ukoliko se radi o višim visinama neutronske izvora u vazduhu, uticaj zemlje ili vode može da se zanemari. U tom slučaju, uz dodatnu pretpostavku o konstantnoj gustini vazduha, zadatak se u geometrijskom smislu svodi na jednu dimenziju. Inače, ako uticaj zemlje nije zanemarljiv - za manje visine izvora neutrona - problem se svodi na dvodimenzioni slučaj. Tada je umesto beskonačne sredine potrebno posmatrati jedan vazdušni cilindar poluprečnika i visine od oko 1500 m, na čijem se donjem bazu nalazi zemlja ili voda debljine oko 50cm. U tom slučaju izvor neutrona se smešta negde na osi tog cilindra.

Ukoliko je pak uticaj zemlje zanemarljiv (za izvore neutrona na visini od 200m i više), prostiranje neutrona u vazduhu je najjednostavnije razmatrati u sfernoj geometriji, sa izvorom neutrona u centru te sfere. U našoj analizi korišćen je upravo ovaj model, jer omogućava jednostavnije proračune. Uticaj zemlje moguće je naknadno, makar grubo, uzeti u obzir preko faktora datih u ref./1/.

2. METODA PRORAČUNA

Proračun je izvršen primenom multigrupne aproksimacije, pri čemu je energetski interval (0-14 MeV) podeljen na 27 energetskih grupa. Odgovarajuće multigrupne konstante dobijene su kombinacijom dve biblioteke podataka /2,3/. Nuklearni podaci iz ref./2/ obuhvataju oblast viših energija neutrona ($E > 0.1$ MeV) i detaljno opisuju anizotropiju rasejanja neutrona. Medjutim, ova biblioteka podataka pokriva samo prvih devet grupa, te su podaci za ostale grupe uzeti iz ref./3/.

Rešenje multigrupne jednačine za transport neutrona u vazdušnoj sredini odredjeno je numerički, koristeći računarski program SPEG, napisan u FORTRAN-u IV za računsku mašinu CDC 3600. Ovaj program je namenjen za rešavanje problema transporta neutrona u jednodimenzionim sredinama (cilindrična, sferna ili pločasta geometrija), U njemu, aproksimativno rešenje integralne transportne jednačine se odredjuje metodom kvadrataurnih formula interpolacionog tipa (polinomijalna aproksimacija prostorne zavisnosti fluksa), slično kao i u ranijem programu SPEGTAR /4/, koji je bio namenjen samo za cilindričnu geometriju.

3. REZULTATI PRORAČUNA

Na Sl.1 prikazane su prostorne raspodele doze neutronskeg zračenja, koje potiču od izvora 14 MeV-skih neutrona, postavljenog na visini od 300m. Poredjenjem dobijenih rezultata sa rezultatima iz literature /5/ uočava se da jednodimenzioni model dosta dobro opisuje realnu situaciju.

Na Sl.2 dati su rezultati proračuna grupnih flukseva neutrona u 27-grupnoj interpretaciji energetskog spektra. Ovi spektri, odnosno grupni fluksevi neutrona, služe kao polazni podaci prilikom proračuna faktora slabljenja neutronske doze u materijalima zaštite, kao i za odgovarajuće dozimetrijske potrebe.

Iz prikazanih rezultata, vidi se da sa udaljavanjem od izvora nastaju značajne promene u spektru i intenzitetu neutronskog fluksa. Tako na primer, dok u blizini izvora spektar neznatno odstupa od čistih 14 MeV-a, dotle je na rastojanju od 1600m fluks prve energetske grupe ($E > 10.5$ MeV) za red veličine manji od fluksa termalne ili bilo koje druge grupe ispod 0.5 MeV-a. S druge strane, na rastojanjima većim od 300-400m, intenzitet neutronskog fluksa eksponencijalno opada, i to za red veličine na svakih 400m. Jako slabljenje neutronskog fluksa je posledica intenzivnih interakcija neutrona sa jezgrima vazduha. Otprilike pola "izgubljenih" neutrona u vazduhu ide na stvaranje ^{14}C iz ^{14}N posredstvom reakcija (n,p) tipa /6/.

Na osnovu rezultata sa Sl.3, lako se uočava da absorbovana doza potiče skoro isključivo od brzih neutrona. Razlog ovome je priroda funkcije pretvaranja neutronskog fluksa u dozu /7/.

4. ZAKLJUČAK

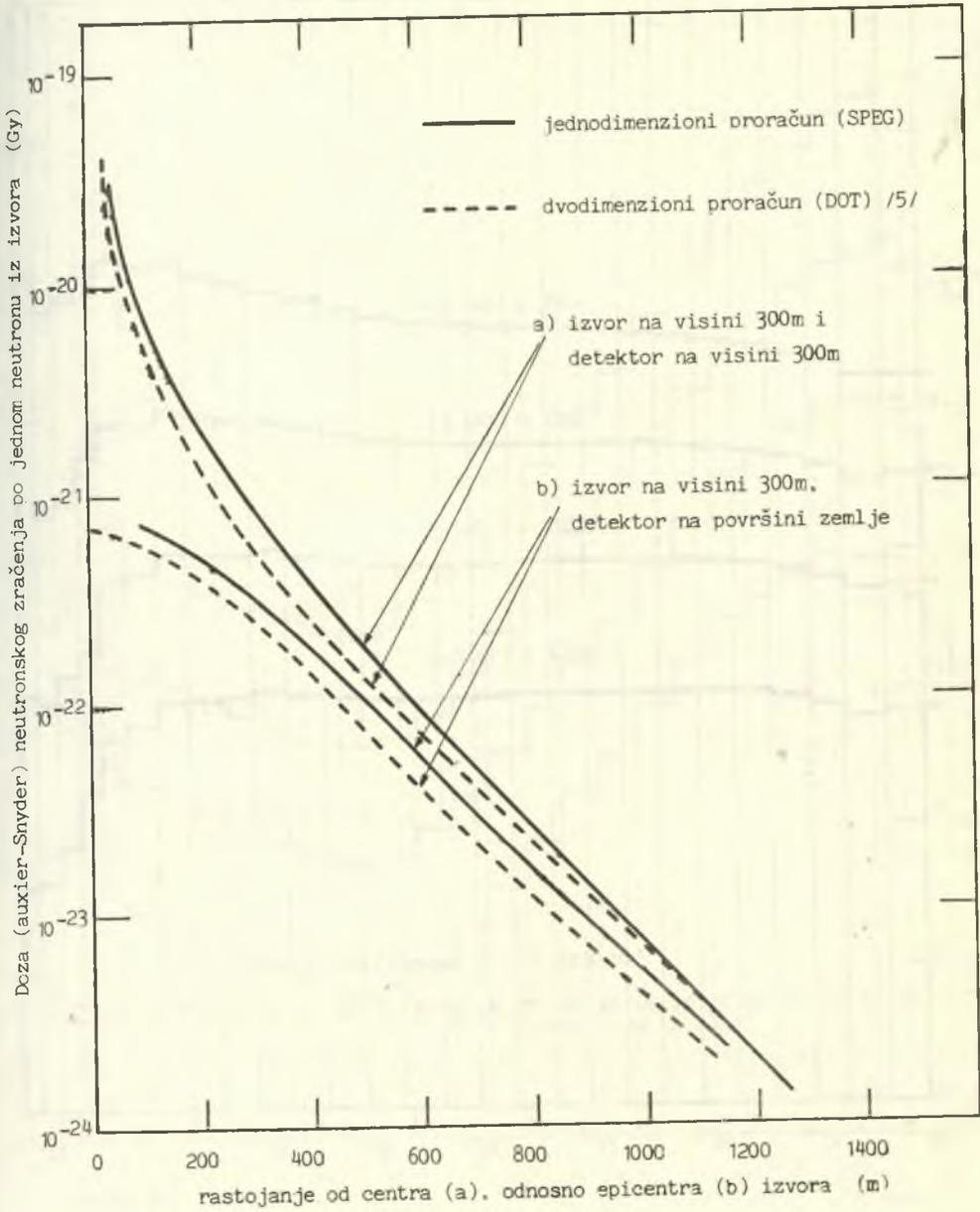
U ovom radu prikazani su rezultati proračuna transporta 14 MeV-skih neutrona u vazduhu, koji su dobijeni jednodimenzionim modelom. Poredjenjem sa rezultatima iz literature, pokazana je opravdanost primene ovakvog modela kada se izvor neutrona nalazi na visinama većim od 200-300m. Doduše, u literaturi se može naći više sličnih rezultata /5,8/. Medjutim, takvi podaci su redovno ili nepotpuni ili jako različiti. S druge strane, detaljni energetski spektri, koji su neophodni prilikom proračuna za izbor materijala za zaštitu od neutrona i za njeno dimenzionisanje, uglavnom su klasifikovani. Dobijeni rezultati omogućavaju izračunavanje i doze gama zraka, koji nastaju pod dejstvom neutrona na atmosferski azot.

CALCULATION OF NEUTRON SPACE-ENERGY DISTRIBUTION IN THE AIR AROUND A 14 MeV NEUTRON SOURCE

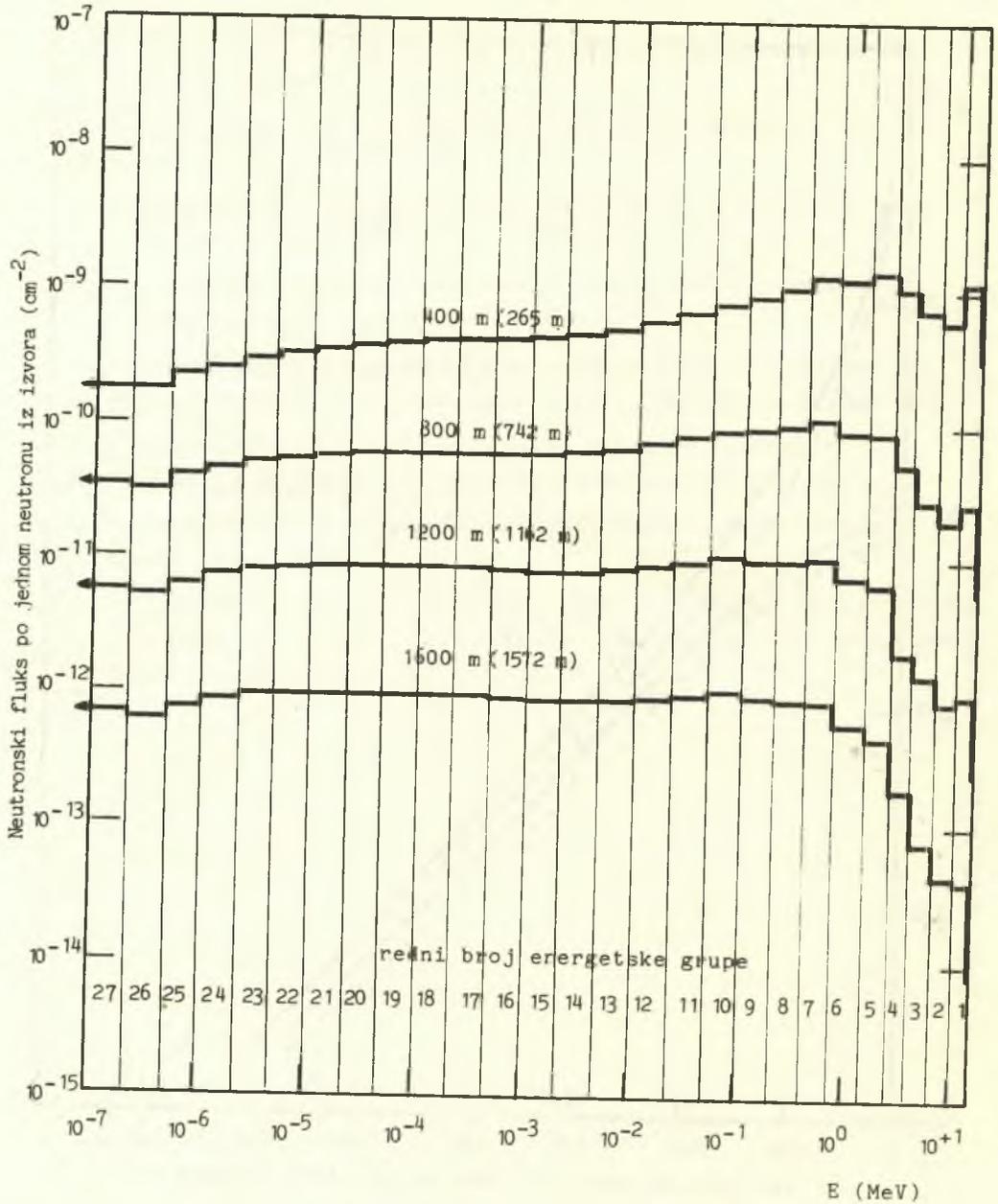
ABSTRACT: This paper presents the results of the calculation of neutron space-energy distribution in an aerial environment around a 14 MeV neutron source. The multigroup approximation of the integral transport equation is used to model the process. Interpolational polynomials are used to approximate the spatial dependence of the neutron flux. The calculation has been carried out by using the Bondarenko multigroup cross-section library, which has been complemented by the other results from the literature. The calculation shows that significant changes of the neutron flux intensity and neutron spectrum occur with increasing the distance from the source. The presented results are indispensable for the choice of composition and dimensions of the protective materials.

REFERENCE:

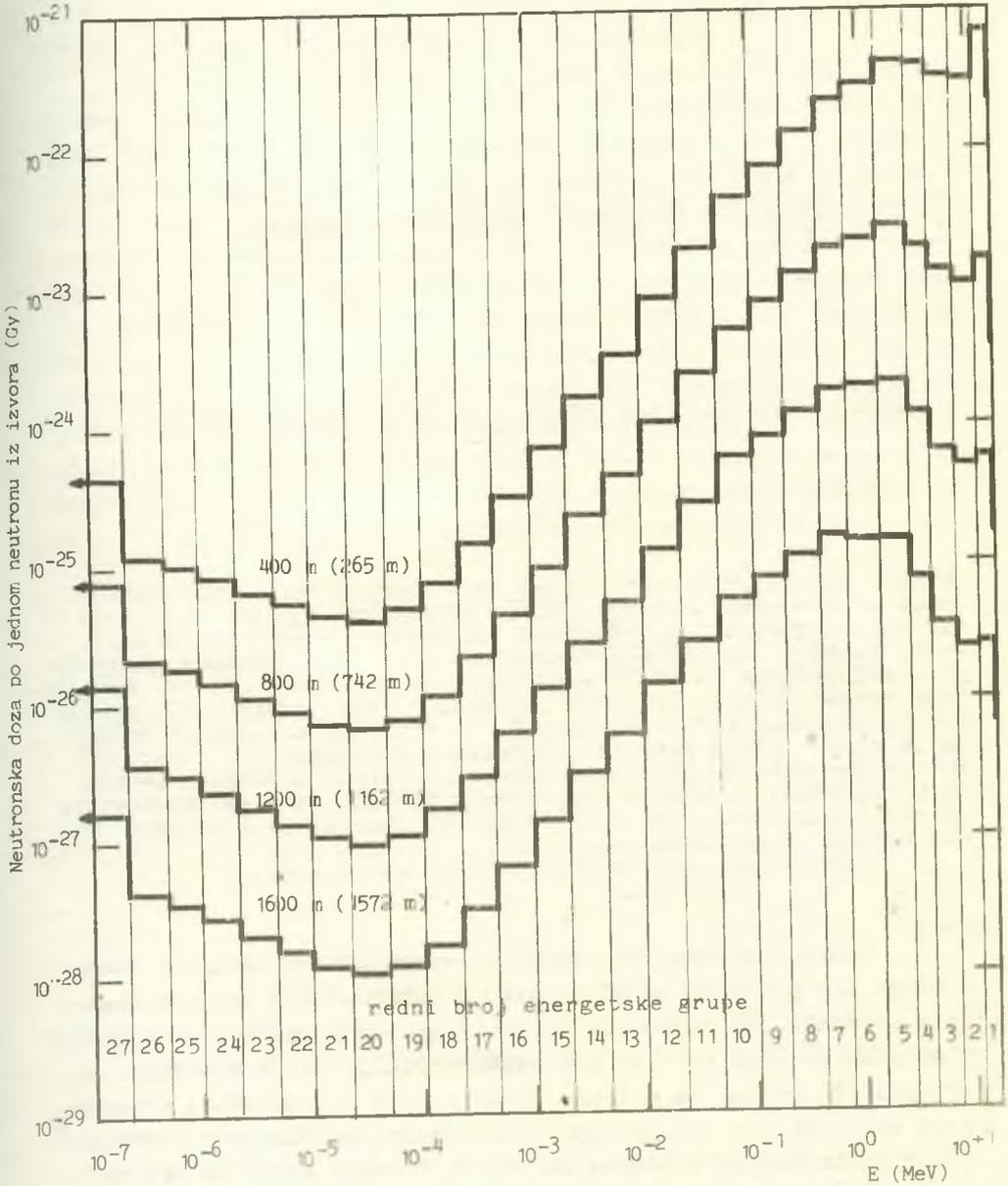
1. V.I.Kuhtevič i dr.: "Zaštita ot pronikajučćej radijaci jadernogo vzriva", Atomizdat, Moskva, 1970.
2. T.A.Germogenova i dr.: "perenos bistrih nejtronov v ploskih zaštitah", Atomizdat, Moskva. 1971.
3. L.P.Abagjan i dr.: "Grupovie konstanti dlja rasčeta reaktorov i zaštiti", Energoizdat, Moskva. 1981.
4. D.Altiparmakov, T.Boševski: "Mogućnosti programa SPEGTAR i uputstvo za njegovo korišćenje", IBK-1267, Vinča, 1974.
5. R.M.Roberts: "Application of Space Synthesis to Two-Dimensional Neutral-Particle Transport Problems of Weapon Physics", AFWL-TR-75-299, Usa, 1976.
6. P.Strugar: "Stvaranje ^{14}C u vazduhu usled nuklearnih eksplozija", XI Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981.
7. "Dosimetry for Criticality Accidents", IAEA Technical Reports Series No 211, Vienna, 1982.
8. J.V.Pace et al.: "Neutron and Secondary Gamma-Ray Transport Calculations for 14 MeV and Fission Neutron Sources in Air-Over-Ground and Air-Over-Sea Water Geometry", ORNL-TM-4841, USA, 1975.



Sl.1: Prostorna zavisnost doze neutronskog zračenja iz izvora 14 MeV-skih neutrona



S1.2: Grupni fluksevi neutrona na različitim rastojanjima od centra (epicentra za visinu 300m) izvora 14 MeV-skih neutrona



Sl.3: Grupne vrednosti doze na različitim rastojanjima od centra (epicentra za visinu 300m) izvora 14 MeV-skih neutrona

III. JUGOSLOVENSKE SIMPOZIJE O ZRAČENJU
Ohrid, 31. maj - 3. jun 1983.

Mr Miloš Pavlović, OC "25. AJ" Kladovo
Dr Fedor Boreli i Dr Mileša Srećković, ETF Beograd

ALBEDO GAMA ZRAČENJA TELEKOBALTNOG UREĐAJA U KLADOVU

REZIME: Dati su rezultati eksperimentalnog i teorijskog ispitivanja albeda gama zračenja Telekobaltnog uređaja od 59,2 TBq o zid njegovog zaštitnog bunkera od betona, a na mestu ulaznih vrata bunkera. Veličina ekspozicione doze, pri izabranoj geometriji i definisanom položaju glave, merena je u po 25 tačaka na vratima bunkera pomoću tri tipa integralnih dozimetara: TI, jonizacionih penkala, i film dozimetra. Analitičkom metodom proračunata je ekspoziciona doza za jednostruko rasejanje u tačkama položaja dozimetara. Rezultati eksperimentalnih merenja i teorijskih proračuna se u svim ispitivanim tačkama položaja dozimetara ne razlikuju među sobom za više od $\pm 25\%$, kolika je i procena greške merenja i proračuna.

1. UVOD

Analiza albeda ili rasejanja snopa gama zračenja o raznu podlogu ili prepreku je od primarnog interesa kod primene izotopa i zračenja, jer omogućava ispravan proračun zaštite od zračenja i na mestima koja ne vide u direktnoj liniji izvor zračenja. To se naročito odnosi na primenu jakih izvora u onkološkoj terapijskoj medicini gde se javljaju vrlo intenzivna rasejana zračenja, i pod uglom unazad u odnosu na pravac upadnog snopa iz izvora.

U ovom radu se daju rezultati eksperimentalnog i teorijskog ispitivanja albeda gama zračenja Telekobaltnog uređaja od 59,2TBq o zid njegovog zaštitnog bunkera od betona, a na mestu ulaznih vrata bunkera/Sl.1/. Ovo ispitivanje je sugerisano od strane Centra za onkološku zaštitu u Kladovu, pri čemu je izražena sumnja da se pri određenoj geometriji snopa, vezane za defini-

Kako se kod mesta refleksije snopa o zid bunkera nalazila u zidu ventilaciona metalna cev, merenja su dopunjena postavljanjem na tom mestu na zidu dodatnih ploča od Al, Fe i čistog betona debljine između 0,5 i 2cm. Rezultati su pokazali da ploče imaju relativno mali uticaj na fluencu rasejanog zračenja na ispitivanom mestu, i da glavni doprinos rasejanju dolazi od betonske osnovne zida,

4. TEORIJSKI PRORAČUN

Ekspoziciona doza zračenja na mestu dozimetara je proračunata analitičkim putem polazeći od geometrije merenja date na sl. 2, uzimajući fotoefekat i Komptonov efekat u obzir.

Ukupna verovatnoća da će se gama foton, koji je pošao iz izvora, rasejati na ploči ili zidu i stići u dozimetar proračunata je kao integral proizvoda tri verovatnoće $P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$ po dubini rasejavača Z . P_1 je verovatnoća da će gama foton stići iz izvora do tačke B u rasejavaču bez interakcije; P_2 je verovatnoća da će gama foton doživeti Komptonovo rasejanje u elementarnoj zapremini dV na putu dz ; P_3 je verovatnoća da će rasejani gama foton stići u neku tačku na matrici detektora.

$$P_1 = e^{-\mu(E_0) \cdot Z \cdot \sec \theta_0} ; P_2 = N \cdot e^{-\frac{d\sigma(\theta_1)}{d\Omega} \cdot \sec \theta_0 \cdot dz} ; P_3 = \frac{1}{4\pi} e^{-\mu(E_s) \cdot Z \cdot \sec \theta}$$

Kad je na zidu smeštena dodatna ploča, kao rasejavač, ukupna verovatnoća $P(x, y)$ je data izrazom:

$$P(x, y) = \sec \theta_0 \cdot \left[\int_0^D n_{ep} \frac{1}{r_{1(x,y,z)}^2} \cdot \frac{d\sigma(\theta_1)}{d\Omega} e^{-z[\mu_p(E_0) \sec \theta_0 + \mu_p(E_s) \sec \theta]} dz + \int_0^D n_{eb} \frac{1}{r_{2(x,y,z)}^2} \cdot \frac{d\sigma(\theta_1)}{d\Omega} e^{-D[\mu_p(E_0) \sec \theta_0 + \mu_p(E_s) \sec \theta]} \cdot e^{-z[\mu_b(E_0) \sec \theta_0 + \mu_b(E_s) \sec \theta]} dz \right]$$

gde je θ_0 ugao koji zaklapa kolimisani snop fotona iz izvora sa normalom na ravan rasejavača (zida ili ploče); θ_1 je ugao rasejanja usled Komptonove interakcije u tački B; θ je ugao rasejanja fotona u odnosu na normalu na ravan zida ili ploče; N je broj elektrona u jedinici zapremine rasejavača, i to n_{eb} betonskog zida, i n_{ep} ploče. Veza između uglova $\theta_0, \theta_1, \theta$ i koordinata x, y, z , je data sledećim relacijama:

$$V = H - D + z + y \cos \alpha ; U = d + t_1 \theta_1 (D - z) - y \sin \alpha ; \gamma = \arctg \frac{x}{y}$$

$$\theta = 90^\circ - \arctg \frac{x}{y} ; r_{1(x,y,z)}^2 = y^2 + x^2 + U^2 ; \cos \theta_1 = \sin \theta_0 \sin \theta \cos \gamma \cdot \cos \theta_0 \cdot \cos \theta$$

Energetski fluks na mestu matrice dozimetara datim koordinatama x, y , iz kojeg se proračunava ekspoziciona doza je dat izrazom:

$$I_d = I_0 \cdot E_0 \cdot P(x, y) \quad [\text{MeV/cm}^2 \text{ ses}]$$

gde je sada $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r_1^2}{2} \kappa^2 (1 + \kappa^2 - \kappa \sin^2 \theta_1)$; uz $\kappa = \frac{E_0}{E_s}$ i odgovara Klajn-Nišina preseku za rasejanje energije.

Pošto su rastojanja od izvora i detektora do rasejivača mnogo veća od slobodnog puta fotona u materijalu rasejivača, veličine $r(x,y,z)$ i $\frac{d\phi}{d\Omega}(x,y,z)$ se malo menjaju sa promenom z , pa se može usvojiti aproksimacija da su te veličine konstantne. Rešavajući tako uprošćen integral dobija se:

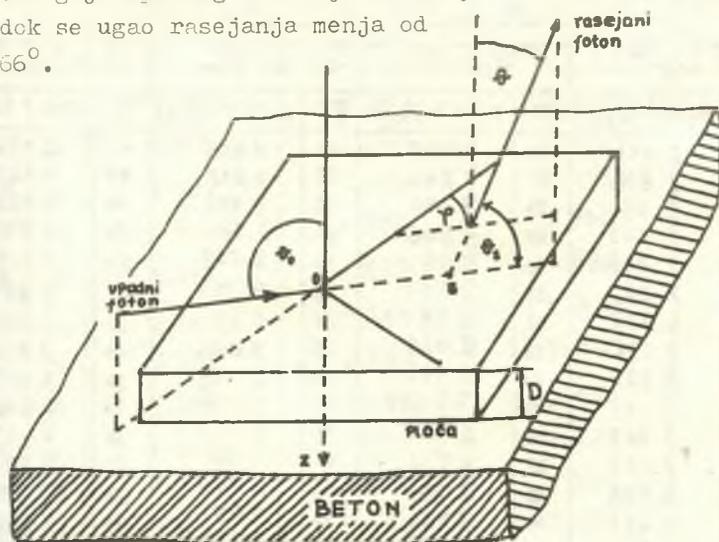
$$P(x,y) = \frac{\sec \theta_0}{r^2(x,y)} \cdot \frac{d\phi(x,y)}{d\Omega} \left[\frac{nek}{a_1} (1 - e^{-a_1 D}) + \frac{nek}{a_2} e^{-a_1 D} \right]$$

gde je:

$$a_1 = \mu_p(E_0) \sec \theta_0 + \mu_p(E_s) \sec \theta$$

$$a_2 = \mu_b(E_0) \sec \theta_0 + \mu_b(E_s) \sec \theta$$

Za energiju upadnog zračenja uzeta je srednja energija $E_0 = 1,25$ MeV, dok se ugao rasejanja menja od $54^\circ - 66^\circ$.



Sl 2. Geometrija merenja za proračun jednostruko rasejanog gama zračenja

Ekspoziciona doza na mestu dozimetara se dobija preko izraza:

$$R = \frac{I_d \cdot \mu_{vaz}(E_s) \cdot 10^{-4}}{7.06} \cdot t ; \quad 1R = 2.58 \cdot 10^{-4} \frac{C}{kg}$$

gde je uzeto vreme od $t=10$ minuta kao vreme ozračavanja dozimetara. $\mu_{vaz}(E_s)$ je linearni koeficijent apsorpcije u vazduhu za energiju E_s . Rezultati proračunate ekspozicione doze u tačkama datim koordinata x,y za razne slučajeve se malo razlikuju među sobom. Data je kao primer tabela II za slučaj Al ploče od 2cm.

5. ZAKLJUČAK

Zbog promene ugla rasejanja θ i sa tim vezane promene rasejane energije menja se i ekspoziciona doza duž y koordinate u matrici dozimetara. Ta promena u odnosu na srednju vrednost je reda 10%. Eksperimentalni rezultati merenja se slažu sa teorijskim u granicama greške merenja, koja je za sva tri tipa dozime-

tara procenjena na oko $\pm 25\%$. Pri proračunu je uzeto samo jednostruko rasejanje u obzir. Efekat višestrukog rasejanja je reda 5, i on smanjuje razliku ekspoziционе doze na raznim položajima dozimetara. Eksperimentalni rezultati kao i teorijski proračun su pokazali da se ne javlja nikakva izrazita nehomogenost rasejanog snopa na položaju vrata betonskog bunkera, i da razlika između pojedinih tačaka ne prelazi grešku merenja od $\pm 25\%$.

Tab. br I
REZULTATI MERENJA SA TL DOZIMETRIMA

ZID		Al, d = 1.5 cm		Fe, d = 1 cm		BETON, d = 5 cm	
broj TL	D(10^{-5} C/kg)	broj TL	D(10^{-5} C/kg)	broj TL	D(10^{-5} C/kg)	broj TL	D(10^{-5} C/kg)
1	2.451	26	1.935	51	1.935	76	2.064
2	2.838	27	1.806	52	2.838	77	1.935
3	2.58	28	2.064	53	2.193	78	2.322
4	2.451	29	1.806	54	2.58	79	1.935
5	2.838	30	2.58	55	2.709	80	2.709
6	2.58	31	2.451	56	2.064	81	2.322
7	2.322	32	2.58	57	2.451	82	2.193
8	2.451	33	2.064	58	3.096	83	2.838
9	2.322	34	2.193	59	2.838	84	2.322
10	2.451	35	2.838	60	2.709	85	2.838
11	2.322	36	2.064	61	2.322	86	2.451
12	2.451	37	1.935	62	2.58	87	2.58
13	2.838	38	2.064	63	2.709	88	2.451
14	2.451	39	2.322	64	2.451	89	2.838
15	2.374	40	2.838	65	2.838	90	2.838
16	2.451	41	1.806	66	2.58	91	2.451
17	2.425	42	1.806	67	2.451	92	2.709
18	2.451	43	2.193	68	2.709	93	2.193
19	2.632	44	1.935	69	2.451	94	2.838
20	2.709	45	1.677	70	3.354	95	2.322
21	2.58	46	1.935	71	2.58	96	2.064
22	2.322	47	2.322	72	2.451	97	2.064
23	2.838	48	2.58	73	2.322	98	2.193
24	2.838	49	2.58	74	2.58	99	2.270
25	2.838	50	2.064	75	2.838	100	3.354
	2.552		2.178		2.585		2.444

Zahvalnost

Zahvaljujemo se upravniku Centra za onkološku zaštitu u Kladovu dr. Branimiru Kistiću, kao i celom kolektivu Instituta na saradnji i pomoći kod korišćenja telekobaltnog uređaja. Zahvaljujemo se Mirjani Prokić i Ivanki Mirić iz IBK na ustupanju i očitavanju TL i film-dozimetara, kao i Aleksić Zoranu na pomoći oko proračuna.

Abstract:

Results of the experimental and theoretical investigation on the Albedo gamma radiation from the Telecobalt 59,2TBq formation on its concrete pill-box, at the position of the door, are given. Exposure dosis for the chosen geometry and the definite position of the source head were measured in 25 points with three types of integral dosimeters: Tl, Pen-ionisation and Film dosimeter. By a simple analytical method the exposure dosis for the single scattering a proximation of gamma radiation, at the same points

Tab.br. 2

IZLAZAKI TEORIJSKOG PRORAČUNA

		Al, d = 1.5cm	Al, d = 2 cm	Fe, d = 1cm	BETON, d = 5cm
X	Y	D (10 ⁻⁵ C/kg)			
0	5	2.386	2.393	2.396	2.446
0	15	2.137	2.243	2.247	2.299
0	25	2.097	2.094	2.099	2.151
0	35	1.951	1.958	1.963	2.015
0	45	1.815	1.822	1.828	1.879
10	5	2.380	2.386	2.390	2.440
10	15	2.231	2.238	2.242	2.293
10	25	2.082	2.089	2.094	2.146
10	35	1.946	1.954	1.959	2.011
10	45	1.811	1.818	1.824	1.875
20	5	2.361	2.367	2.373	2.421
20	15	2.214	2.221	2.224	2.276
20	25	2.067	2.074	2.078	2.131
20	35	1.933	1.940	1.945	1.996
20	45	1.799	1.807	1.812	1.862
		2.086	2.094	2.098	2.149

and geometry, were calculated and compared with the preceding ones. Results of the experimental and theoretical calculations do not differ between each other by more than 25% what corresponds to the limits of the estimated errors of measurements and calculations.

LITERATURA: 1. L. Kimel, V. Marković, zaštita od jonizujućih izlučenij, Moskva Atomizdat 1972.

2. Miloš Pavlović, Magistrski rad JTF Beograd 1982.

3. P. Stojanović, R. Pavlović, F. Boreli: Probability calculations of the back-scattered gamma radiation for the thick wren gauge geometry, Jour. of Nucl. Physics, Beograd XXI 1982.

4. B. Golubev, Dozimetrija i zaštita od jonizirujućih izlučenij, Moskva Atomizdat 1976.

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Ohrid, 31 maj - 3 jun 1983

A. Stefanov, K. Velkov, D. Jovanovski, L. Nikolova
INSTITUT ZA RADIOTERAPIJA I ONKOLOGIJA - SKOPJE

ZRAČENJE KOSIH I NERAVNIH POVRŠINA TELEKOBALATOM

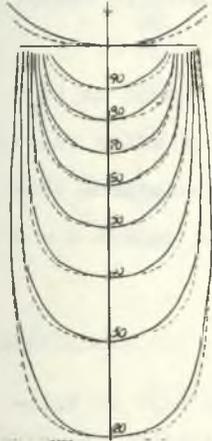
Kombinacijom osnovnih izodoznih krivih pri zračenju perkutano Kobaltom-60, postiže se homogena doza datog volumena zračene regije u dubini. Pošto su ulazne površine na koži nepravilnog oblika, retko ravne površine, potrebno je izvršiti korekciju osnovnih izodoznih karata za različita polja u zavisnosti konfiguracije upadne površine.

U radu je dat matematički način izračunavanja doza u pojedinim tačkama u slučaju viška ili nedostatka interponovanog tkiva. Vršena su eksperimentalna merenja u vodenom fantomu sa izrazitim neravninama u predelu glave. Matematički i eksperimentalni rezultati skoro se poklapaju. Možemo zaključiti da za svaku tačku zračnog polja mora se izvršiti korekcija osnovnih izodoza.

U svakodnevnoj praksi perkutanog zračenja telekobaltom, koristimo osnovne izodozne karte koje su dobivene u vodenom fantomu za različita zračna polja gde je nivo vode horizontalan. Osovina upadnog zraka stoji normalno na zračnu površinu. Osnovne izodozne karte su simetrične, sastavljene od više izodoznih krivulja i daju ilustrativni raspored doza u dubini nacrtane u intervalu od 10% dubinskih doza i leže u ravnini kroz koju prolazi centralni zrak. /Sl. 1/. Izodozne krive mogu se dobiti eksperimentalno merenjem u vodenom fantomu pomoću detektora malih dimenzija, film-dozimetrijskom metodom ili izračunavanjem teoretskim putem.

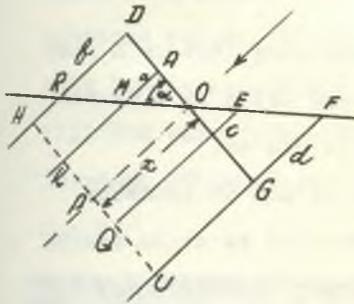
Medjutim, pošto ulazne zračene površine kože retko stoje

normalno na upadni zračni snop /površine su oble, konveksnog ili konkavnog oblika/, korišćenjem osnovnih izodozmih krivulja u praksi nameće potrebu da se u svakoj tački zračnog volumena koristi faktor korekcije. Kombinovanjem dva, tri ili više polja usmerenih prema volumenu tumora, isti dobija homogenu dozu štedeći kožu kao



Sl. 1

ulazna vrata. Naj jednostavniji način zračenja je primena direktnog polja. Direktno polje može biti postavljeno na koži pod pravim ili kosim uglom. U praksi najčešće zračena kožna površina nije upravna na zračni snop. Različite tačke ulaznog polja formiraju neki ugao različit od 90° . Na sl. 2 uzeli smo primer kada upadni zrak pada koso i gradi ugao α sa ravnom zračnom površinom. Vidimo promenu fokusno-kožnog rastojanja različitih tačaka



Sl. 2

površine kao i promenu interponovanog tkiva između tačaka na ulaznoj površini. Uzeli smo proizvoljnu ravninu normalnu na upadni zrak na nekoj dubini x duž osovine zračnog snopa i analitičkim putem ispitivali dozu u pojedinim tačkama te ravnine. To su tačka P duž osovine i lateralne tačke H, K, Q i U.

Prvo smo tražili vrednost doze u tački P izražena formulom

$$D_P = D_1 e^{-\mu x} / \frac{f + 0,5}{f - x}^2 \quad /1/$$

D_1 = max. doza na 0,5 sm.

μ = linearni apsorpcioni koeficijent za Co-60

Na sličan način izračunali smo dozu u tački K na fokusno-kožnom rastojanju $f + a$ na dubini $x - a$

$$D_K = D_2 e^{-\mu(x-a)} / \frac{f + a - 0,5}{f + x} \quad /2/$$

D_2 je doza na dubini 0,5 sm. ispod tačke M.

Korišćenjem kvadratnog zakona za upadne zrake u dubini maksimuma za pojedine tačke i izravnjavanjem istih, dobili smo međusobni odnos doza u tački P i K odn. $D_K = D_P \cdot e^a$.

Ovde smo imali slučaj kada se povećava fokusno-kožno rastojanje odn. smanjuje interponovano tkivo u odnosu na tačku P.

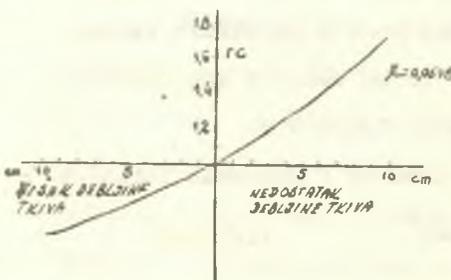
Analogno gornjem proračunu, može se odrediti doza i za tačke koje se nalaze sa desne strane tačke P, uzimajući u obzir smanjenje fokusno-kožnog rastojanja a povećavanje interponovanog tkiva /tačke Q i U sl. 2./. Za tačku Q koja se nalazi na dubini $x + c$ i rastojanje foku-koža $f-c$ dobićemo sledeću dozu

$$D_Q = D_3 e^{-\mu / x+c} / \left(\frac{f-c + 0,5}{f+x} \right)^2$$

Vršeći iste postupke kao sa proračunom tačaka koje se nalaze sa leve strane tačke P, došli smo do konacnog rezultata

$$D_Q = D_P e^{-\mu c} .$$

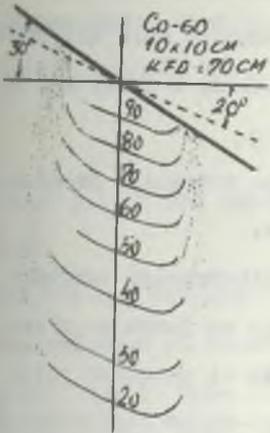
Na sl. 3 dat je analitički izraz korekcionog faktora u slučaju viška odnosno nedostatka određene debljine tkiva za linearni apsorpcioni koeficijent $\mu = 0,054 \text{ sm}^{-1}$ za polje 8x8 sm.



Sl. 3

Ova metoda je brza ali su potrebne matematičke operacije za svaku tačku. Korigovane vrednosti nemaju jednostavne vrednosti za trasiranje izodoza kao kod osnovnih izodoza izraženih u intervalu od 10%. Zato su potrebne interpolacije istih.

Eksperimentalno je utvrđeno da za zrake Co-60 / $\bar{E}_\beta = 1,25 \text{ MeV}$ / inklinacija je približno jednaka 2/3 u odnosu na horizontalnu površinu. Ova empirijska pravila dozvoljavaju jednostavnu konstrukciju novih izodoznih krivulja u kojima su sadržane prethodne korekcije.



Sl. 4

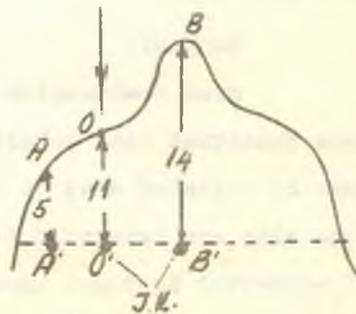
Sl. 4 prikazuje korekcije izodoznih krivulja empirijskom metodom za kosu površinu od 30° Co-60. Vidimo skoro potpuno poklapanje empirijske metode sa direktnim merenjem / A. i J. Dutreix /. Pune linije predstavljaju merene vrednosti, a tačkaste, vrednosti dobivene računskim putem.

EKSPERIMENTALNI RAD

Naša merenja vršena su u fantomu od celona /Sl. 5/. Uzeli smo otisak sa lica jednog bolesnika i konstruirali isti. Fantom smo napunili vodom i u jednoj horizontalnoj ravnini ispod površine celona /Sl. 6, tačke A', B'O'/, kretali smo jonizacionu, malu jonizacionu komoru /0,6 ccm./ u različitim tačkama /A', O', B'/. Prilikom merenja kolimator uređaja bio je okrenut za 180° . Sematski prikaz pojedinih tačaka odn. otisak fantoma dat je na sl. 6.



Sl. 5

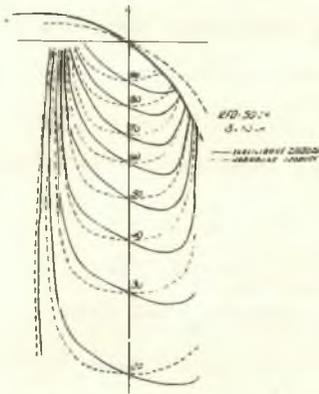


Sl. 6

Vršili smo uporedbu više tačaka u odnosu na tačku O /gde prodire centralni zrak/. Koristili smo veličinu polja 10×10 sm.

dosta veću, kako ne bi zadirali u područje polusenke. Rezultat naših merenja, sa malom razlikom potvrđuju vrednosti doza koje bi dobili računskim putem. Dobili smo malo veće razlike u tački B a to je predeo nosa.

Cilj rada nije da se objasni tehnika korekcije izodoza već da se da nekoliko primera njihove deformacije.



Sl. 7 prikazuje deformaciju osnovnih izodoznih krivulja za jednu površinu nepravilnog oblika za veličinu polja 8x10 sm. i fokusno-kožno rastojanje 50 sm. Pune linije prikazuju inklinirane izodoze a neprekidne osnovne.

Sl. 7

Na osnovu gorepomenutih bilo eksperimentalnih ili empirijskih načina korekcije izodoza, možemo zaključiti da svaka tačka treba da se koriguje zbog promene koje nastaju usled konfiguracije upadne površine.

SUMMARY:

With combination of fundamental isodosal curves at percuteous radiation with Cobalt-60 it is succeed homogenous dose in the volume of radiated area in the deepness. Because the entrance areas of the skin are irregular form, it is necessary to make correction of fundamental isodosal cards for different fields in dependance of configuration of falling surface. In the work it is explain mathematical way of calculation doses in separate points in the case of surplus or shortage in.

Experimental measurements are made in watery phantom with

expressive rough surfaces in the region of the head. Mathematical and experimental results are almost the same. We can conclude that for every point it must be made correction of fundamental isodoses.

LITERATURA

1. Johns H.E. : The physics of Radiology, Springfield Illionois-USA 1961.
2. Dutreix A., Dutreix J.: Construction des isodoses pour les surfaces obliques et irrègulieres. Journal de radiologie et d'Electrologie, Paris, Tome 43,1962.
3. Jaeger R. G.: Dozymetria i ochrona przed promieniowanjem,Warszawa 1962.
4. Mitrov G., Dobrev D., Penčev V., Popic R.: Radiologična tehnika i lčezaštita. Tehnika, Sofija.
5. Buzzi G., Cortissone C., Franco L.: Dosimetria gamma in teleizotopo terapia; Edicione Minerva medica Torino, 1962 .

XII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
 Chrid, 31 maj - 3 jun 1983

Dj. Ristić, S. Vuković, P. Marković

Ro Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

OCUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine
 "Zaštita", p.fah 522., 11001 Beograd

ODREĐIVANJE FAKTORA SLABLJENJA I POLUDEBLJIA
 SILIKATNOG STAKLA ($\rho=2,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) ZA ŠIROKI
 SNOP X-ZRAČENJA, PROIZVEDENOG PRI NAPONIMA OD
 50 DO 300 kV.

REZIME U radu su prikazani način određivanja faktora slabljenja i poludebljina ravno vučenog silikatnog stakla za X-zračenja, proizvedeno pri naponima od 50 do 150 kV i od 15 do 300 kV, rezultati ovih određivanja i njihov značaj i upotrebnost vrednost.

UVOD

S obzirom da najveći doprinos izlaganju stanovništva jonizujućem zračenju od tehničkih izvora zračenja čine izvori elektromagnetnog zračenja energija do nekoliko stotina keV, koji imaju najširu primenu u medicini i industriji, veoma je značajno nalaženje i karakterizacija svih pogodnih materijala za efikasnu zaštitu ekrinizacijom.

Postoji interes za primenu ravno vučenog silikatnog stakla, pored baritnog betona i maltera, za zaštitu ekrinizacijom od elektromagnetnog zračenja niskih energija, naročito u radioizotopskoj i rendgen dijagnostici i terapiji i u industrijskoj proizvodnji i kontroli kvaliteta. Olovno staklo je efikasnije za zaštitu od ravno vučenog silikatnog stakla, ali je skupo i ne proizvodi se u našoj zemlji. Ravno vučeno silikatno staklo domaće proizvodnje je znatno jeftinije od olovnog stakla i uvek se može naći na tržištu. Zbog toga je opravdan razlog za primenu ovog materijala za zaštitu od jonizujućeg elektromagnetnog zračenja, niskih energija.

Osnovni preduslov za korišćenje ovog stakla je poznavanje njegovog zaštitnog svojstva, bez kojeg se ne mogu proračunavati debljine zaštitnih ekrana.

Faktori slabljenja i poludebljine su parametri čije se vrednosti upotrebljavaju u najčešće korišćenim metodama za proračun debljine datog materijala za zaštitu od X-zračenja. Na osnovu dostupne literature, utvrđeno je da faktori slabljenja širokog snopa X-zračenja niskih energija, kao i poludebljine, za ravno vučeno silikatno staklo, nisu određivani. Iz tih razloga su vršena ispitivanja ovog stakla, čiji je krajnji cilj dobijanje vrednosti faktora slabljenja i poludebljina za X-zračenje proizvedenog pri naponima od 50 do 300 kV.

ODREĐIVANJE FAKTORA SLABLJENJA (F) I POLUDEBLJINA ($d_{1/2}$)

Za određivanje faktora slabljenja i poludebljina silikatnog stakla korišćeni su rezultati merenja i određivanja slabljenja širokog snopa X-zračenja kroz ovo staklo, prikazanih na sl.1. i 2. Pri tome su, kao izvori zračenja, korišćene rendgenske cevi tipa CMA-208, za napone od 50 do 150 kV i tipa S'A-306, za napone od 150 do 300 kV, ANDREX-ovog industrijskog rendgen aparata. Rendgenske cevi ovog rendgen aparata napajane su konstantnim visokim naponima. Veličine fokusa iznosile su 2,3 x 2,3 mm, odnosno 3,0 x 3,0 mm. Snop X-zračenja, na izlazu iz rendgenske cevi, bio je oblika $60^0 \times 40^0$, odnosno $58^0 \times 40^0$. Ukupna filtracija iznosila je 2 mm Al, odnosno 6 mm Al. Presek snopa zračenja na upadnoj staklenoj ploči iznosio je 40 x 40 cm.

Za merenja su korišćeni uzroci od stakla, proizvodnje Industrije stakla Pančevo, veličina površina 50 x 50 cm i debljina 2,5; 9,9; 20,2; 29,7; 39,1 i 49,7 mm. Ovo staklo ima sledeći hemijski sastav: SiO_2 (72,56%), Na_2O (14,02%), CaO (8,01%), MgO (3,68%), Al_2O_3 (1,43%), Fe_2O_3 (0,30%) i specifičnu težinu $2,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Za merenje jačina ekspozicionih doza korišćene su VICTOREEN jonizacione komore: MD br. 326, opsega 10 R; MD br. 227, opsega 1R i MD br. 130, opsega 0,250 R, sa mogućnošću merenja energija od 30 do 500 keV i tačnošću $\pm 10\%$.

Dakle, koristeći vrednosti izmerenih jačina ekspozicionih doza u osi širokog snopa X-zračenja - \dot{X}_{10} , proizvedenog pri različitim anodnim naponima i vrednosti jačina ekspozicionih doza izmerenih na istom mestu kao u predhodnom slučaju ali iza ploča stakla različitih debljina - \dot{X}_1 , uzetih sa sl.1. i 2., i formulu

$$F = \dot{X}_{10} / \dot{X}_1$$

izračunati su faktori slabljenja za različite debljine stakla i različite anodne napone na rendgenskoj cevi. Dohijene vrednosti faktora slabljenja prikazane su na sl.3. i 4.

Vrednosti poludebljina silikatnog stakla dohijene su grafičkom metodom, korišćenjem odgovarajućih krivih slabljenja X-zračenja prolaskom kroz staklo, prikazane su na sl.1. i 2. Dohijene vrednosti prvih nekoliko poludebljina date su u tabeli 1. Kao što se vidi iz ove tabele vrednosti poludebljina nisu iste za odredjeni napon na rendgenskoj cevi. Uzrok ovome je slabljenje u staklu nemonoenergetskog elektromagnetnog zračenja, kakvo je X-zračenje korišćeno pri ovim ispitivanjima, čiji se spektar energija fotona merja sa porastom debljine materijala.

Dohijene vrednosti faktora slabljenja i poludebljina ispitivanog stakla nisu mogli da budu upoređivanji sa vrednostima iz literature, pošto istih nema. Neka poredjenja slabljenja zračenja u staklu mogu se izvršiti, orijentaciono, posrednim putem, sa rezultatima prikazanim u radu(2), ali znatna razlika postoji u pogledu korišćenja vrste izvora zračenja, kvaliteta snopa zračenja, geometrije u kojoj su vršena merenja kao i u krajnjim ciljevima merenja.

ABSTRACT

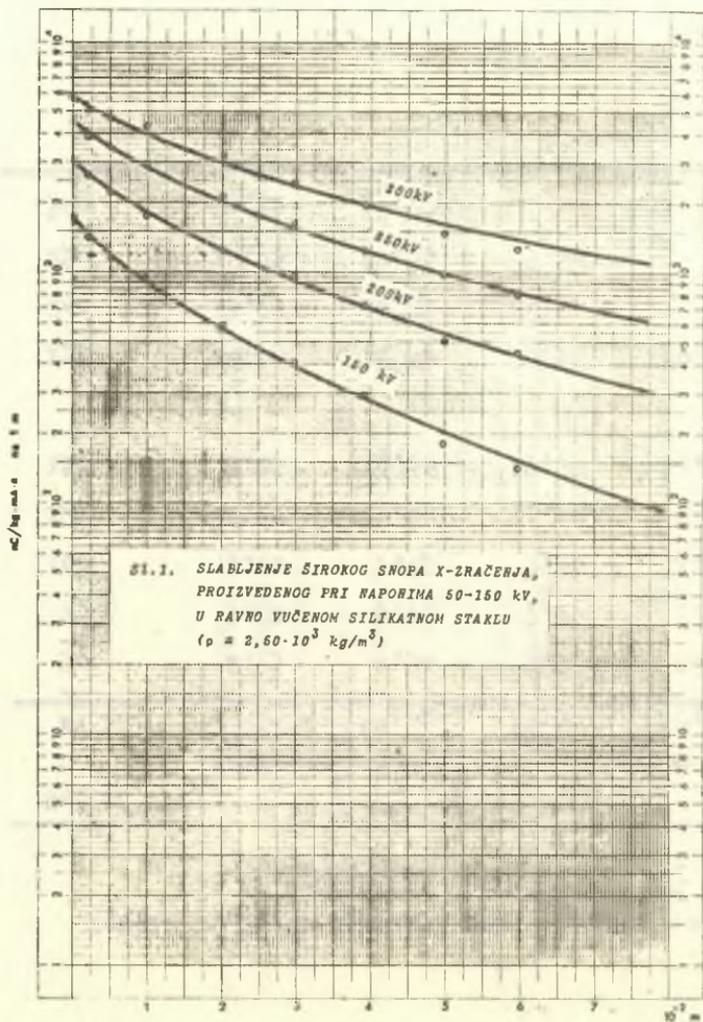
This paper deals with determination of the X-ray attenuation factors and the half-layers for ordinary plane silicated glass Xray were produced at voltages 50-300 kv.

LITERATURA

1. E.Dale Trout at all. X-ray Attenuation in Steel 50 to 300 kVp, Vol. 29 (july) 1975.
2. J.M. Légaréett all., Blindage centre les grands champs de rayons X primaires et diffusés des appareils triphasés aumoyen de verre, de gypse et de plomb acustique, Radioprotection, Vol. 13, N^o2, 1977.
3. Dj. Ristić, S. Vuković, P. Marković, "Eksperimentalno odredjivanje koeficijenata slabljenja ravno vučenog silikatnog stakla za X-zračenje, proizvedeno na naponima do 400 kv ", XI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Portorož, 21-24 aprila, 1981.g.

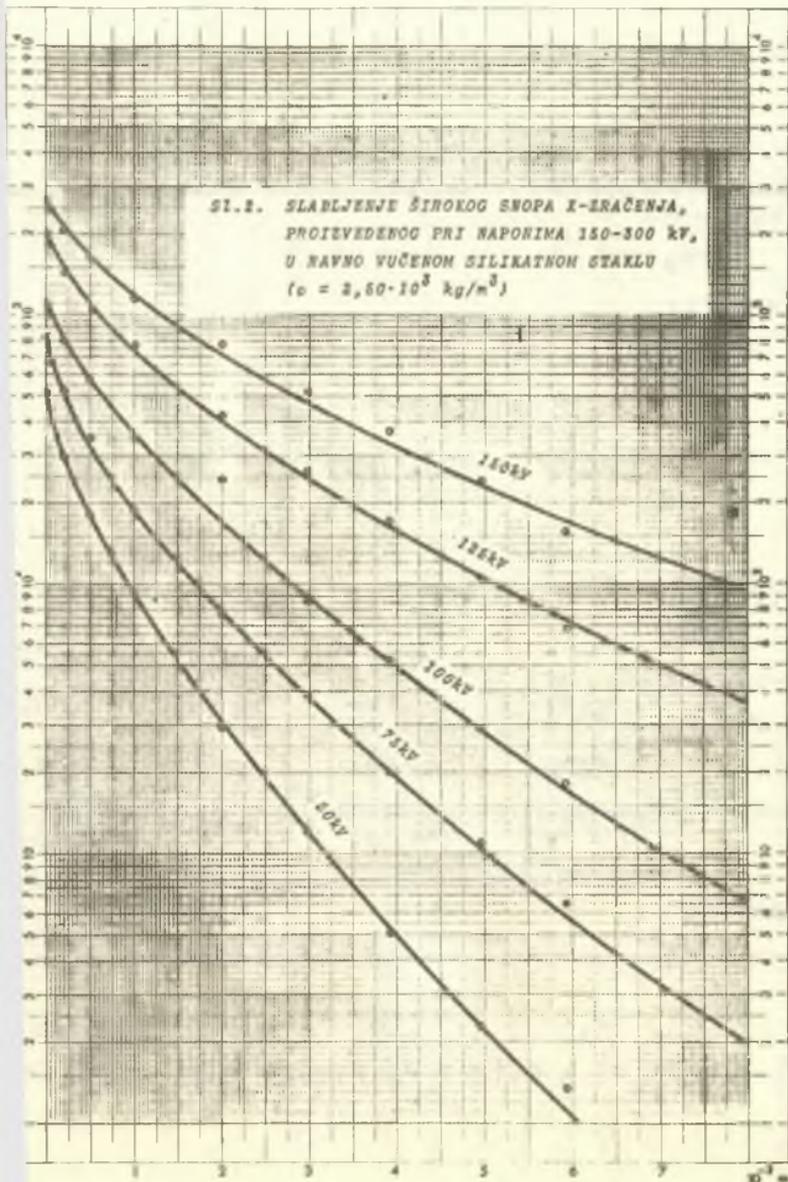
Tabela 1. Prvih nekoliko poludebljina ravno vučenog silikatnog stakla ($\rho = 2,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)
za X-zračenje, proizvedeno pri naponima od 50 do 300 kV

Napon u kV	P o l u d e b l j i n e u mm								Napomena
	$(d_{1/2})_1$	$(d_{1/2})_2$	$(d_{1/2})_3$	$(d_{1/2})_4$	$(d_{1/2})_5$	$(d_{1/2})_6$	$(d_{1/2})_7$	$(d_{1/2})_8$	
50	2,75	4,50	5,75	6,50	7,25	7,75	8,00	8,25	Ukupna filtra- cija 2 mm Al
75	3,25	5,75	7,75	9,00	10,00	10,50	11,25	11,75	
100	5,00	7,75	9,50	11,00	12,50	12,75	13,25		
125	6,00	10,00	13,00	16,00	18,50				
150	8,25	13,50	17,75	20,25					
150	10,50	16,50	20,50	26,00					Ukupna filtra- cija 6 mm Al
200	13,75	21,25	28,50						
250	15,75	27,50	39,50						
300	20,75	35,75							

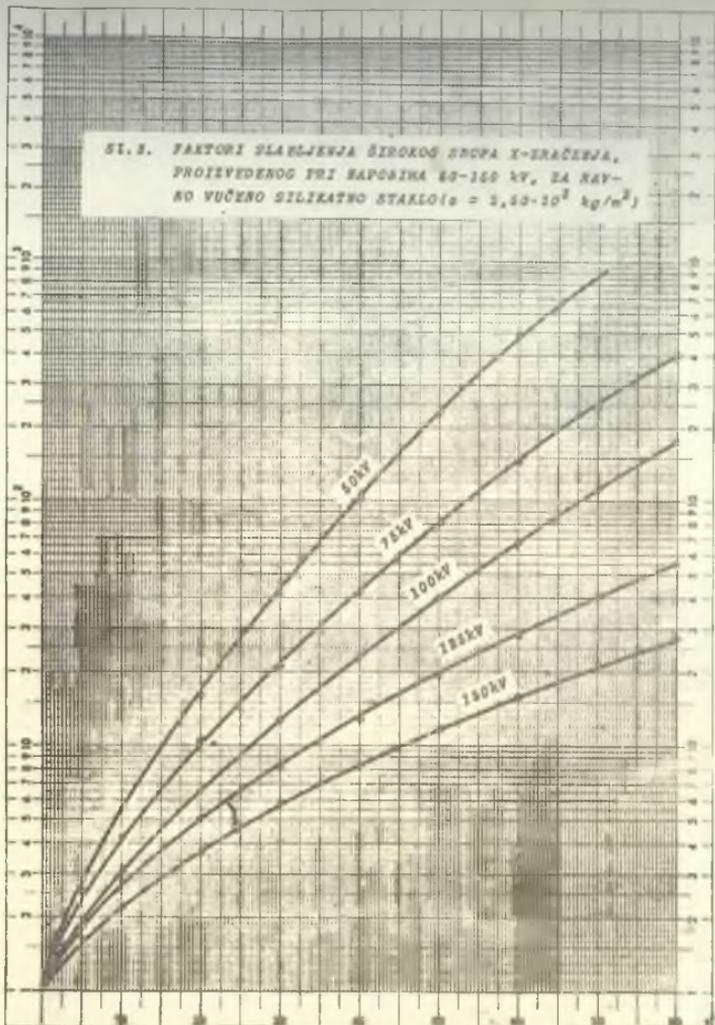


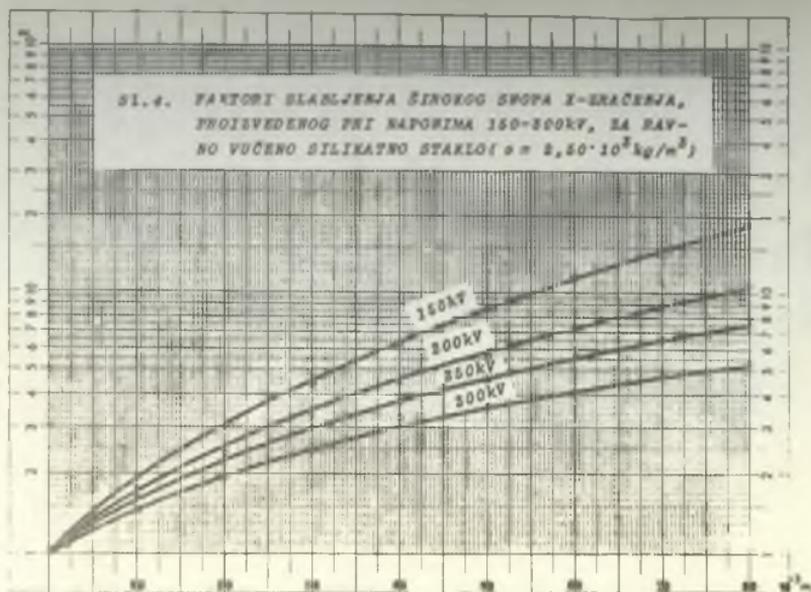
ŠI.1. SLABLJENJE ŠIROKOG SNOPA X-ZRAČENJA,
 PROIZVEDENOG PRI NAPONIMA 50-150 kV,
 U RAVNO VUČENOM SILIKATNOM STAKLU
 ($\rho = 2,60 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)

Sl. 2. SLABLJENJE ŠIROKOG SNOPA X-IRACENJA,
 PROJEVEDENOG PRI NAPONIMA 150-300 kV,
 U NAVNO VUČENOM SILIKATNOM STAKLU
 ($\rho = 2,50 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$)



FAKTOR SLABLJENJA F





Adamov M. 154,156
Ajdačić N. 80
Altiparmakov D. 741,684
Andrić S. 307
Zničić S. 554
Anovski T. 92,656
Antić D. 696
Ardeljan J. 270,569

Bačić S. 486
Bajlo M. 100,266
Banovčanin B. 560
Barjaktarović N. 307
Bauman A. 97,100,120,261,266
420,446
Baumštark M. 261
Begović J. 317
Besarabić M. 276
Bjelanović J. 721
Bojović P.S. 12
Bojović T. 142
Boreli F. 348
Brajnik D. 59,64
Briski B. 34
Bunji I. 47
Byrne T. 628

Cerovac K. 420,446,667
Cesar D. 97,417,420,423

Čosić M. 233

Červenjak Z. 257
Čremošnik-Pajić P. 270,581
Črnivec R. 286

Danilović M. 331
Dašić N. 341
Deanović Ž. 41,193,239
Despotović Lj. 468,490
Despotović R. 468,490,496,507
Dohrilović Lj. 391,397,638
Draganović B. 116
Dramlić D. 537
Drašković R. 92
Dražić G. 383,389
Drčar F. 389
Drndarević V. 397, 652
Droljc S. 528
Dvornik I. 34,108,440, 660

Djordjević Z. 560
Djurić G. 110,142,146,159

Ferber B. 417,423
Ferle-Vidović A. 239
Filipović-Vinceković N. 501

Gavrovski C. 656
Gajić D. 317
Gal V. 209
Garaj-Vrhovac V. 292,297
Glišović D. 638
Grgičević D. 189
Gregoran A. 440
Gršić Z. 163
Gruden N. 226
Gnjatović S. 735

Hajduković D. 86
Hadžievski Lj. 92
Hasanbašić D. 104,124,132,
197,282
Hebrang A. 302,575
Horšić E. 104,124,132,136
197,201,282
Horvat Dj. 292,297, 302
Horvatinčić N. 68,632

Ilić R. 638

Janković O. 128
Janković-Zagorčić A. 543,548
Jeremić M. 313,409
Jernej B. 253
Jeršić A. 59
Joksić G. 307
Jovanović-Kurepa J. 537
Jovanovski D. 354
Južnić K. 59,511

Kačurkov, D. 92,656
Kallay N. 715
Kaluža F. 74
Kanduć M. 63
Karanović D. 243,247
Kargačin B. 222
Katuščin-Ražem B. 34
Kljajić R. 104,124,132,136
197,201,282

Knežević Lj. 128
Kobal I. 59,63,74
Kocić A. 690
Korenika Dž. 440
Korun M. 64
Kostađinović A. 474,480,515
Kostial K. 222

Kostić S. 619
Kostić V. 307
Košutić G. 116
Košutić K. 673
Koturović A. 615,652
Kovač J. 120,266
Kovačević K. 397
Krajcar I. 68,632
Kristan J. 450
Križanović D. 428,569,599
Križman M. 63
Kubelka D. 302,667
Kubelka V. 175
Kvastek K. 175,673

Lazarić K. 673
Lazić S. 486,515
Levanat S. 193,253
Lokobauer N. 120,261
Lulić S. 30,175,673

Mačvanin N. 270
Maračić M. 261
Marković B. 313
Marković H. 701
Marković P. 331,360,369,727
Marković S. 413,432
Marković Z. 201
Marović G. 100
Martić M. 80
Martinčić R. 84,438,648
Matić G. 543
Mayer-Žitnik D. 496,501
Mihalović M. 59,63
Mihalj A. 104,124,132
Miklavžić U. 389,605,628
Milić A. 644
Milić O. 243
Miličević S. 554
Milivojević K. 216
Milošević Z. 104,124,132,136
197,201,282
Milovanović A. 233
Miljanić S. 253,440,660
Minčeva B. 92
Mirić I. 375,379,409,701
Mirić P. 391
Mitrović R. 142,148
Mladjenović M. 3
Modić S. 286
Mohar T. 511
Momčilović B. 230
Mudrinić P. 581
Musić S. 468,707
Muždeka S. 611,619

Nakićenović M. 619
Nikezić D. 331
Nikolova L. 354
Ninkov V. 243,247
Ninković M. 18,721
Novaković M. 302,420,446,667
Novković D. 391,397,731

Obelić B. 68,632
Obradović M. 624,644
Orlić M. 325,391,397
Osmak M. 185

Paligorić D. 391,397,638
Panevska M. 154,156
Panov D. 313
Patić D. 163,169
Pavelić J. 205
Pavlović M. 348
Pavlović R. 51
Pece R. 270
Pendić B. 307
Pendić Z. 307
Pešić M. 696,701
Petrović B. 142,148,159,560
Petrović D. 41,185,375,599
Pirš M. 528
Plečaš I. 474,480
Prokić M. 701
Pucelj B. 84,438,605,648
Pujić N. 243

Radalj Ž. 417,423
Račić J. 292,297
Radočaj D. 569
Radovanović R. 209,587,591,595
Radotić N. 247
Raičević J. 721
Radjenović B. 47
Panogajec-Komor M. 440
Pažem D. 34,108
Ristić Dj. 360,369,727,731
Rozgaj R. 292,297
Ružić I. 175

Saračević L. 104,124,132
Savovski K. 243
Selak I. 201
Simonović J. 379,587,591,595
Simović M. 638
Simović R. 678
Slijepčević A. 68

Smerkolj Z. 59,
Smiljanić R. 163,169,375,727
Smodiš B. 59
Sokolović E. 420
Srdoč D. 68,632
Srećković M. 348
Stamenković B. 403
Stančić V. 47,678
Stanković S. 142,148
Stampf Dj. 97,
Stegnar P. 59
Stefanov A. 354
Stojanović D. 216
Strugar P. 341,701
Subotić B. 468

Škofljanec S. 74
Šmelcerović M. 403,611,638
Šobajić M. 624
Šokčić M. 701
Štupar J. 59
Šunduković D. 660

Tasić R. 731
Todorović D. 548
Todorović M. 480
Tomašević M. 587,591,595,599
Tomašić V. 507,
Tomić B. 521
Toplišek M. 528
Trajković D. 209
Trajković M. 257
Trontelj M. 383

Ubović Ž. 257
Udovč H. 605

Vasiljević Lj. 379
Vekić B. 440
Veličković D. 375,379,409
Velkov K. 354
Vidaković Z. 575
Vitale B. 189,205
Vojnović B. 521
Vučenik I. 189
Vujić J. 18,335
Vuković S. 360,369,413
Vuković Ž. 457,474,486,515

Zagorčić A. 317
Zarić M. 24

Žele M. 628
Žeškov B. 154,156
Živanović A. 257

