

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE

ZBORNİK RADOVA

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA



Priština, 06 — 09. Juna 1989.

**JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE**

ZBORNİK RADOVA

**XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA**



Prština, 06 — 09. Juna 1989.

IZDAVAČ: JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
Hilmi MORINA

ŠTAMPA: OOUR ŠTAMPARIJA «RILINDJA» — PRIŠTINA. Tiraž: 500 kom.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Priština, 06 — 09. Juna 1989. god.

ORGANIZATORI:

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA — BEOGRAD
DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA SAP KOSOVA — PRIŠTINA

STRUČNO — TEHNIČKA ORGANIZACIJA:

SOUR «Elektroprivreda Kosovo» — Priština
— RO Dispanzer za medicinu rada
— RO Institut za razvoj i naučna istraživanja «INKOS»

ORGANIZACIONI ODBOR:

Mehmet BEGRACA, Martinčić RAFAEL, Milošević MIODRAG, Šhaip FAZLIU, Hamdi UKMATA, Čremošnik — Pajić PAVLA, Fehmi GASHI, Knježević LJILJANA, Tahir IMAMI, Hilmi MORINA, Plečaš ILIJA, Djordjević MIRJANA, Despotović RADOSLAV, Hamdi KAMBERI.

REDAKCIONI ODBOR:

Hilmi MORINA, Radosav RADOVANOVIĆ, Aleksandar MIHAJLOV, Petar MARKOVIĆ, Hamdi UKMATA.

Redakcioni odbor ne odgovara za tehničke i ostale propuste u onim radovima, čiji se autori nisu u celosti pridržavali uputstva za pisanje radova.

S A D R Z A J

1. Sekcija: RADIOEKOLOGIJA

1. Saračević L. Klajić R. Mihajl A. Milošević Z.:
KOMPARATIVNI PRIKAZ NIVOVA RADIOAKTIVNOSTI LISAJA
MAHOVINE U LOVISTIMA B I H PRIJE I POSLIJE HAVARIJE
U CERNOBILJU 3
2. Vertačnik A. Barišić D. Košutić K. Lulić S.:
RADIOAKTIVNOST HRANE UVEZENE U SR HRVATSKU U PERIOĐU
1986 - 1988 7
3. Martinčić R. Pučelj B.:
PROBLEMATIKA DOLOCANJA U IZVEDENIH INTERVENCIJSKIH
NIVOJEV ZA HRANO 11
4. Stanković S. Krainčanić M.:
NIVO AKTIVNOSTI 134 Cs I 137 Cs U LEKOVITOM BILJU ... 15
5. Mitrović R. Petrović B. Kordić B. Zdravković S. Pavlović I
RADIJACIONO-HIGIJENSKA EKSPERTIZA KRMNIH SMESA
ZA ISHRANU ZIVINE 20
6. Petrović B. Mitrović R.:
DOZVOLJIVI NIVO AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA Cs-137 I
Sr-90 U HRANI ZA ŽIVOTINJE RAZLIČITIH SMEROVA
GOVEDARSKJE PROIZVODNJE 24
7. Šipka V. Lazić S. Babić S. Vuković Z. Hadžišehović M.
ODREĐJIVANJE AKTIVNOSTI TRITIJUMA U TEKUCIM
VODAMA 28
8. Vujašinović S. Stevanović Z. Matić I.:
RADIOAKTIVNO ZAGADJIVANJE PODZEMNIH VODA I TLA U
SIROJ OKOLINI GOLUBCA NA DUNAVI 32
9. Dumani S. Fazliu S. Morina H.:
TOTALNA BETA AKTIVNOST JEZERSKIH, BUNARSKIH I
IZVORSKIH VODA NA KOSOVU PRILIKOM AKCIDENTA U
NUKLEARNOJ ELEKTRANI "LENIN" U CERNOBILJU 38
10. Dumani S. Gashi F.:
ANALIZA EFIKASNOSTI ZAUSTAVLJANJA BETA EMITERA,
PRODUKTI FISIJE, U AKCIDENTNIM USLOVIMA POVEĆANJA
KONTAMINACIJE U SISTEMU ZA PREČIŠĆAVANJE VODE ZA
PIĆE "RADONIC" DJAKOVICA 43

11. Drndarski N.:
FAKTORI RAZBLAZENJA ZA RADIONUKLIDE ISPUSTENE
IZ NE U REKU SAVU 46
12. Todorović D. Smiljanić R. Zarić M.:
TRANSPORT I PRIMENA RADIONUKLIDA KAO POTENCIJALNI
ELEMENT OPTEREĆENJA ŽIVOTNE SREDINE 50
13. Mirković G.:
UTICAJ NEKIH PEDOLOŠKI KARAKTERISTIKA TLA NA
PENETRACIJU Cs-137, Cs-134 i Ru-109 U USLOVIMA
AKUTNE RADIOKONTAMINACIJE 54
14. Mirković G.:
VERTIKALNA MIGRACIJA Cs-137, Cs-134 I Ru-109
U TLU B I H U USLOVIMA AKUTNE RADIOKONTAMINACIJE 58
15. Južnić K. Fedina S.:
PORAZDELITEV Sr-90 U ZEMLJI, VODAH I RASTELI NAH
IZ OKOLJA NEK U LETI 1986 62
16. Pantelić G. Brnović R.:
TRANSFER I DISTRIBUCIJA 134+137 Cs U ZEMLJISTU
I BILJKAMA U SR SRB IJI U PERIODU 1986 - 1988 66
17. Mijatović Lj. Vukotić M.:
DISTRIBUCIJA OLOVA-210 I RADIJUMA-226 U RAZLICITIM
TIPOVIMA ZEMLJISTA 70
18. Cesar D. Kovač J. Bauman A.:
USPOREDBA PRISUTNOSTI Cs-137 U ZRAKU I PADAVINAMA
OD 1986. DO 1988. GOD. 74
19. Fazliu Š. Gashi F. Morina H.:
DOZE GAMA ZRACENJA (PRIRODNI FON) U LOKACIJAMA
ELEKTROPRIVREDE KOSOVA I NASELJENIM MESTIMA
OKO NJE 78
20. Hajduković D.:
IZLOŽENOST RADNIKA RADONU 222, RADONOVIM POTOMCIMA
I GAMA DOZAMA U NEKIM NEURANSKIM RUDNICIMA 83
21. Mihajl A. Klajić R. Samek D. Milošević Z. Horšić E.:
SADRŽAJ PRIRODNIH RADIONUKLEIDA U UZROČIMA UGLJA
SA TERMOELEKTRANA U BOSNI I HERCEGOVINI 87
22. Barišić D. Lulić S.:
PRIRODNI RADIONUKLIDI U SLJAKAMA I PEPELIMA IZ
TERMOELEKTRANA NA UGLJEN 91

23.	Hajduković D. Prijatelj I. Arh.S. Struc V.:	
	IZLOŽENOST RADNIKA RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI	
	U PROCESU DROBLJENJA I PRERAĐE RUDE URANA U RUZV	95
24.	Hajduković D.:	
	ISPITIVANJE EFIKASNOSTI ZASTITNIH ŠLEMOVA U	
	KONTAMINIRANOM DELU JAME RUDNIKA URANA ZV	99
25.	Južnić K. Fedina S. Nečimer M. Komosa A.:	
	PORAZDELITEV Th-230 U OKOLJU RUDNIKA	
	"ZIROVSKI VRH"	101
26.	Arh Stane.:	
	NADZOR NAD IONIZIRAJOCIMI SEVANJ U RUZV	105
27.	Arh. S.Struc V.Šifrer J.:	
	IZPOSTAVLJENOST DELAVCEV RUZV IONIZIRAJOCIM	
	SEVANJEM	108
28.	Džambašević M. Radovanović R.:	
	SEZONSKA PROMENA KONCENTRACIJE JONA U VAZDUHU	
	U BEOGRADU	112
29.	Radovanović R. Džambašević M.:	
	BRZINA JONIZACIJE VAZDUHA I RAVNOTEŽA KONCENTRACIJA	
	JONA	116
30.	Pavlović R.S. Ninković M.M.:	
	RADIONUKLIDI I NJIHOVA ISPUŠTANJA IZ FUZIONIH	
	ENERGETSKIH POSTROJANJA	120
31.	Gršić Z. Todorović D. Hinić Z. Zarić M.:	
	JEDNOSTAVAN RACUNSKI MODEL ZA ODREĐIVANJE FIZICKE	
	VISINE ISPUŠTA NA OSNOVU ZADATE PRIZEMNE KONCENTRA-	
	CIJE KONTINUALNO ISPUŠTANOG PLUTANTA U ATMOSFERU ...	124
32.	Lulić S. Barišić D.:	
	PRIRODNA RADIOAKTIVNOST U NEKIM JUGOSLAVENSKIM	
	GRADJEVINSKIM MATERIJALIMA	128
33.	Smelcerović M. Marković S. Stojanović D.	
	Petrović B.:	
	PRAKTIČNA ISKUSTVA RADIJACIONE PROSPEKCIJE	
	IZ PERIODA NESRECE U CERNOBILJU	132
34.	Ginda N. Djurić G. Smelcerović M.:	
	ODREĐIVANJE KALIJUMA-40 METODOM "DEBELOSLOJNOG	
	UZORKA" U CIKLUSU OVCARSKE PROIZVODNJE	136

35. Barišić D.:
ODEDJIVANJE U-235 I U-238 GAMA- SPEKTROMETRIJSKOM
METODOM NA ENERGIJAMA OKO 186 KeV-a 140
36. Martinčić R. Korum M. Pucelj B. Ravnikar M.:
INTERKOMPARACIJSKE MERITVE IN SITU 147
37. Vekić B. Dvornik I.:
ZASTITA OD ZRACENJA KAO SASTAVNI DIO OPCENITE
OPTIMIZACIJE ZASTITE OD TOKSICNIH AGENSA U OKOLIŠE . 151
38. Glodić S. Kovačević M. Marković S. Ninković M.M.:
KONTROLA NISKIH NIVOVA DOZA GAMA ZRACENJA-KALIBRACIJA
JONIZACIONE KOMORE POD PRITISKOM 155
39. Smelcerović M. Koturović A. Djurić G. Petrović B.
Milošević A. Kosić P.:
KARAKTERISTIKE I NAMENA RADIOMETRISKE LABORATORIJE
LARA - 86 159

**2. Sekcija:
RADIOTOKSIKOLOGIJA**

40. Novak Lj. Pantelić G. Panov D.:
KONCENTRACIJA 134+137 Cs U URINU STANOVNIŠTVA
SR SRBIJE POSLE HAVARIJE NUKLEARNE ELEKTRANE
U CERNOBILJU 165
41. Šimpraga M. Bedrica Lj. Kraljević P. Miljanić S.:
UTJECAJ UDRUŽENE RADIJACISKE OZLJEDE NA NEKE
HEMATOLOŠKE PARAMETRE U KRVI PASA 169
42. Kraljević P. Emanović D. Šimpraga M.:
AKTIVNOSTI GLUTAMAT-DEHIDROGENAZE, SORBITOLDEHI-
DROGENAZE I KOLINESTERAZE U KRVNOJ PLAZMI
KONTAMINIRANIH PILICA 173
43. Landeka M. Kargačin B. Kostial K.:
USPOREDBA EFIKASNOSTI DVIJE VRSTE ALGINATA I
FERI-FEROCIJANIDA U SNIŽENJU RETENCIJE RADIOAKTI-
VNOG STRONCIJA I CEZIJA U ŠTAKORA 177
44. Arežina R. Kargačin B. Kostial K.:
UTJECAJ ALGINATA NA RETENCIJU Ce-141 U MLADIH
ŠTAKORA 183

45. Milivojević K. Stojanović D.:
ISPITIVANJE PROFILAKTIČKIH EFEKATA TERAPEUTSKIH
KREMOVA PRI KONTAMINACIJI RADIONUKLIDIMA TERMIČKE
OPEKOTINE KOŽE 187
46. Bjeđović M. Deanović Z.:
ODRAZ INTERAKCIJE GAMAFOSA (WR-2721) I ATROPINA
NA NEKE BIOLOSKE EFEKTE U STAKORA 191
47. Deanović Z. Banović M. Jernej B.:
RADIOPROTEKTOR GAMAFOSA (WR-2721) I KOAGULACIJA
KRVI U OZRACENIH STAKORA 195
48. Milošević Z. Kljajić R. Herceg Z. Hasanbašić D.
Ciganović P. Slijepčević P.:
HEMORAGIONI SINDROM SVINJA U TOKU A R S 199
49. Ivanović L. Stanimirović D. Černak I. Šimović M.:
UTICAJ GAMAFOSA NA STVARANJE SUPERTOKSIČNIH RADIKALA
U NEKIM STRUKTURAMA MOZGA OZRACENIH PACOVA 202
50. Bek-Uzarov Dj. Stojanović M.P. Inić S.:
INTERNA KONTAMINACIJA CELOG ČOVEČIJEG TELA
POPULACIJE BEOGRADA U PERIODU 1986-1988 208

**3. Sekcija:
BIODOZIMetriJA**

51. Žunić Z. Horvat Dj. Radotić Nada. Bajić B.V.
Milić O.:
EFEKTI MALIH DOZA AKUTNOG X-ZRACENJA NA UČESTALOST
HROMOZOMSKIH ABERACIJA U LJUDSKIM LIMFOCIDIMA 211
52. Stojanović D. Vračarević Lj. Vučković M.
Milivojević K.:
HEMATOLOŠKI I ENDOKRINOLOŠKI PARAMETRI OD ZNAČAJA
ZA MEDICINSKE ASPEKTE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH
ZRACENJA 215
53. Marković B. Joksić G. Panov D.:
HROMOZOMSKI MONITORING KOD STANOVNIŠTVA SR
SRBIJE NAKON HAVARIJE NE ČERNOBILJ 218
54. Joksić G. Marković B.:
MOGUĆNOSTI ZA PROCENU RADIJACIONIH OŠTEĆENJA
ANALIZOM MIKRONUKLEUSA U HUMANIM LIMFOCITIMA
CB METODOM 222

55. Milačić S. Jovanović Lj.:
 ZNAČAJ BROJA LEUKOCITA I LEUKOCITNE FORMULE ZA BRZO
 PRACENJE EFEKATA JONIZUJUĆIH ZRACENJA U PROFESIO-
 NALNIM USLOVIMA, U RUTINSKOJ PRAKSI 226
56. Milačić S. Minić M. Dodić S.:
 ISPITIVANJE AKTIVNOSTI ALKALNE FOSFATAZE U
 GRANULOCITIMA PERIFERNE KRVI LICA PROFESIONALNO
 IZLOZENIH MALIM DOZAMA JONIZUJUĆEG ZRACENJA 233
57. Hasanbašić D. Horšić E. Milošević Z. Slijepčević P.
 Kovač M.:
 STRUKTURNA OSTECENJA HROMOZOMA U LIMFOCITIMA SVINJA
 NAKON OZRACIVANJA X-ZRACIMA 237
58. Selak I. Marković Z. Milošević Z. Kljajić R.
 Horšić E.
 DISEMINIRANA INTRAVASKULARNA KOAGULACIJA KOD OVACA,
 KOZA I SVINJA OZRACENIM LETALNIM DOZAMA X-ZRACENJA . 241
59. Mirjana M. Vučićević M.M. Šukala Z.I.:
 PROCENA VALIDNOSTI BIOHEMIJSKIH INDIKACIJA U RANOJ
 DIJAGNOSTICI RADIJACIONIH OSTECENJA 247
60. Demajo M. Ivanišević M.O.:
 PROMENE NEKIH MORFOMETRIJSKIH PARAMETARA KAO
 BIDOZIMETRISKI INDIKATOR I EFEKAT DUBOKE
 HIPOTERMIJE KAO RADIOPROTEKTOR 250
61. Horšić E. Kljajić R. Milošević Z. Ciganović P.
 Herceg Z. Slijepčević P.:
 PROMJENE NA RESPIRATORNOM SISTEMU SVINJA NAKON
 OZRACIVANJA LETALNOM DOZOM VISOKO-ENERGETSKOG
 X-ZRACENJA 254
62. Osmak M.:
 PONAVLJANO IZLAGANJE ANIMALNIH STANICA GAMA
 ZRAKAMA MOŽE IZMJENITI NJIHOVU OSJETLJIVOST NA
 DRUGE CITOTOKSICNE AGENSE 258
63. Šukala Z.I. Vučićević M.M.:
 TEORETSKA RAZRADA I PREDLOG METODA ZA KVANTITATIVNU
 DETERMINACIJU ALKALNE FOSFATAZE, ALFA AMILAZE I
 ALDOLAZE KAO SIGNIFIKANTNIH MOSTRA RADIJACIONIH
 BIOHEMIJSKIH PARAMETARA 261

4. Sekcija:
 ZASTITA KOD PRIMENE JONIZUJUĆEG ZRACENJA
 U MEDICINI (ZA ZAPOSLENE U ZONI JONIZUJUĆEG
 ZRACENJA I ZA STANOVNIŠTVO)

64. Tomašević M.:
 PROCENA OZRACENOSTI PROFESIONALNO IZLOŽENIH LICA
 JONIZUJUĆEM ZRACENJU U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI ... 267
65. Popović D. Petrović B. Djurić G.:
 ODREĐIVANJE APSORBOVANE DOZE KOD PACIJENATA I
 MEDICINSKOG OSOVLJA U PEDIJATRIJI 271
66. Tomašević M.:
 DIJAGNOSTICKI RENTGEN APARATI U SR SRBIJI 275
67. Morina H. Fazliu S. Zajmi S.:
 ODREĐIVANJE POCEJENTNE DOZE KOD SNIMANJA VILICE
 RENTGEN APARATOM TIPA ORTHOPANTOMOGRAPH-10 279
68. Krstić S. Tomašević M.:
 IZVOD IZ PROTOKOLA ZA ISPITIVANJE SUPERIX-1000 282
69. Krstić R. Nikezić D.:
 APSORBOVANA DOZA KOD PROFESIONALNO ZAPOSLENIH LICA
 PRI MANIPULACIJI Tc - 99 KBC "KRAGUJEVAC" 286
70. Vuković N. Tomašević M.:
 DODATNA ŽASTITA U TUBUSU RENTGEN APARATOM DENT 290
71. Jeremić M. Panov D.:
 STOHAŠTICKI EFEKTI I RADIACIONI RIZIK 294
72. Tomašević M.:
 PRIMENA PERSONALNIH RACUNARA U KONTROLI IZVORA
 ZRACENJA 298
73. Simović S. Bastaić Lj. Voskresensky T. Matković V.:
 DJELOVANJE ZRACENJA NA FUNKCIJU ŽLIJEZDA SLINOVNICA. 302
74. Voskresensky T.:
 RIZIK ZA POTOMSTVO KOD BOLESNIKA LIJECENIH
 ZRACENJEM I KEMOTERAPIJOM 305
75. Mušanović M. Strinčić S. Drljević A. Dresto B.:
 RIZIK MAMMOGRAFIJE KOD POJAVE RAKA DOJKE IZAZVANIH
 JONIZIRAJUĆIM ZRACENJIMA 309

76. Nikolić R.:
 OBIM PREVENTIVNIH ZDRAVSTVENIH PROGLED A I OCENA
 ZDRAVSTENOG STANJA RUDARA RUDNIKA URANA ZIROVSKI
 VRH KOD SKOFIJE LOKE 315

**5. Sekcija:
 DOZIMetriJA JONIZUJUĆEG ZRACENJA**

77. Ranogajec K.M. Vekić B. Cukman M. Dvornik I.:
 STANDARDNI TEST PROGRAMA S TL DOZIMETRIMA ZA
 MERENJE NISKIH DOZA 323
78. Jevremović T. Boreli F. Spasić V.:
 MONTE CARLO PRORACUN SPEKTRA TRANSMITOVANIH
 FOTONA ZAKOČENOG ZRACENJA 327
79. Kandić A. Jevremović T. Stojanović D. Boreli F.:
 MONTE CARLO PRORACUN DOZE ZRACENJA U TKIVO-EKVI-
 VALENTNOM UZORKU KONACNE GEOMETRIJE 331
80. Cesar D. Novaković M. Cerovac H. Bauman A.:
 EKSPozICIJSKE DOZE IZMJERENE TL DOZIMETRIMA OD
 1986. DO 1988. GODINE U SR HVRATSKOJ 335
81. Tomljenović I.:
 KONVERZION I FAKTOR ZA PROVODJENJE EKSPozICIONE
 DOZE U APSORBOVANU DOZU ZA MONOENERGETSKE FOTONE .. 339
82. Alunić Lj. Perhat V.:
 OZRACENJE PACIJENATA KOD KOMPJUTERIZIRANE
 TOMOGRAFIJE GLAVE 345
83. Popovski S.:
 PERIOD FILMDOZIMetriJE OD 1962 - 1984 GODINE 351
84. Veličković D. Kovačević M. Vukčević M.:
 APSOLUTNO MERENJE EKSPozICIONE DOZE X-ZRACENJA 355
85. Kovačević M. Veličković D. Vukčević M.:
 PREGLED I PROVERA DOZIMETARA U METROLOSKOJ
 LABORATORIJI IBK-VINCA 359
86. Dvornik I. Miljanić S.:
 OSNOVNI SISTEM I KONCEPT LICNE DOZIMetriJE FOTONA
 I NEUTRONA ZA NUKLEARNE NESREĆE. I OSNOVNI KRIT-
 RIJI I DEFINICIJA SISTEMA 363

87. Dvornik I. Miljanić S.:
OSNOVNI SISTEM I KONCEPT LIČNE DOZIMETRIJE FOTONA
I NEUTRONA ZA NUKLEARNE NESREĆE. II RADIOLOŠKA
OSNOVA I REŠENJE OSNOVNOG SISTEMA 367
88. Nikezić D.:
PRORACUN DOZE U PLUĆAMA OD UDAHUTIH ALFA EMITERA .. 371
89. Pleninić J. Faj Z.:
ODREĐJIVANJE EKVIVALENTNE DOZE ZRACENJA OD RADONA
I POTOMAKA POMOCU ČVRSTOG DETEKTORA NUKLEARNIH
TRAGA 375
90. Sobajić M.:
PRENSNI MERAC GAMA I X-ZRACENJA SA JONIZACIONOM
KOMOROM 379
91. Simović R. Staničić U. Marinković N.:
DVOPARAMETARSKA FORMULA SLABLJENJA EKVIVALENTA
DOZE NEUTRONSKOG ZRACENJA U OBICNOM BETONU 383

6. Sekcija:
DEKONTAMINACIJA I OTPADNI RADIOAKTIVNI MATERIJALI

92. Despotović R.:
RADIOAKTIVNI OTPAD I OKOLIŠ 389
93. Čižmek A. Despotović R.:
IMOBILIZACIJA SREDNJE-RADIOAKTIVNOG OTPADA 393
94. Fraj B. Čižmek A. Despotović R.:
PLASTIFIKACIJA IMOBILIZIRANOG RAO 397
95. Kotović Z. A. Subotić B. Despotović Lj. A.:
ISPITIVANJA UTJECAJA TEMPERATURE I VREMENA
KALCINIRANJA NA BRZINE ISPUŠTANJA Cs I Sr IZ
GRANULIRANIH ZEOLITA 401
96. Plešač I. Perić A. Kostadinović A.:
MODELIRANJE FIZIKOHEMIJSKIH PARAMETARA BETONA
ZA IZRADU KONTENJERA U TEHNOLOGIJI ODLAGANJA
RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA 405
97. Perić A. Plešač I. Kostadinović A.:
MODELIRANJE FIZIOHEMIJSKIH PARAMETARA MALTERA ZA
IMOBILIZACIJU RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA ... 408

- 98.Knežević Lj.:
PREGLED SAVREMENIH TEHNOLOGIJA OBRADJE RADIOAKTIVNIH
OTPADNIH MATERIJALA SA TRANSURANTA 411
- 99.Musić S. Gotić M. Popović S.:
KOROZIJA CELIKA U KONTAKTU S TALINOM FOSFATNOG
STAKLA 415
- 100.Musić S. Ristić M. Forić J.:
DENITIRANJE SUSPENZIJE VISOKORADIOAKTIVNOG OTPADA .419
- 101.Bronić J. Subotić B.:
UKLANJANJE SMJESE RADIOIZOTOPA IZ OTOPINE,
UPOTREBOM GRANULIRANIH ZEOLITA 423
- 102.Lazić S. Vuković Z. Bačić S.:
UKLANJANJE IZOTOPA STROCIJUMA IZ VODENIH RASTVORA
POMOCU SINTETICKOG HIDROKSIAPATITA 427
- 103.Ristić M. Musić S.:
ISPITIVANJE UVJETA DENITRIRANJA S MRAVLJOM
KISELINOM 431
- 104.Gačević M. Stanković S. Mitrović R. Begović J.:
DEKONTAMINACIJA SVINJSKOG MESA VODOM POSLE
KONTAMINACIJE SA Cs-137 435

7. Sekcija:
RADIACIONA BEZBEDNOST I ZASTITA U NARODNOJ ODBRANI
DRUSTVENOJ SAMOZASTITI

- 105.Zarić M. Smiljanić R. Todorović D. Gršić Z.:
ELEMENTI CIVILNE ZASTITE I NARODNE ODBRANE U RADOVIMA
SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUSTVA ZA ZASTITU OD
ZRACENJA U PERIODU 1963 - 1987 GOD. 441
- 106.Milojević M.:
NEOPHODNOST PRIMENE METODE AEROGAMASPEKTROMETRIJSKIH
ISPITIVANJA U SLUŽBI NARODNE ODBRANE I DRUSTVENE
SAMOZASTITE 445
- 107.Djurić G. Šmelcerović M.:
MERNO MESTO ZA PROCENU RADIOAKTIVNOG ZAGADJIVANJA
ŽIVOTNE SREDINE U SLUCAJU NUKLEARNE NESRECE 450
- 108.Vojvodić V. Kaljević J.:
OSNOVNE KARAKTERISTIKE POCETNOG IMPULSA NUKLEARNIH
ZRACENJA NUKLEARNIH EKSPLOZIJA 454

109. Gršić Z.:
DISPERZIONNI MODELI U SAVREMENIM KODOVIMA ZA
PROCENU POSLEDICA AKCIDENTA A NUKLEARNOM REAKTORU. 458
110. Fazliu Š. Morina H. Rečica F.:
AKCIDENT SA RADIOAKTIVNIM IZVOROM Ir-192 (DEFEKOSKOPOM)
PRI INSTITUTU "INKOS" U OBILICU 462

**8. Sekcija:
NEJONIZUJUĆA ZRACENJA**

111. Pišl N.:
MJERENJE INTENZITETA VISOKOFREKVENTOG ELEKTRO-
MAGNETNOG ZRACENJA (100 KHz - 30 KHz) 471

**9. Sekcija:
OVI RADOVI SU STIGLI SA VELIKIM
ZAKASNJENJEM PA NISU SE MOGLE
UVRSTITI U ODGOVARAJUĆE SEKCIJE**

112. Mitić D. Vaupotič J. Burger J. Kobal I.
LOG-NORMALNA RASPODELA KONCENTRACIJE Rn-222, Ra-226
URANA I UKUPNE BETA AKTIVNOSTI U PODZEMNIM I
POVRŠINSKIM VODAMA U SLOVENIJI 477
113. Cvetković M. Milanović A. Tanasijević D.
ISPITIVANJE EFEKATA HIPNOTEKE U OZRACENIM
PACOVA 481
114. Banduka M.
PROSTORNA RASPOREDJELA DOZE ZRACENJA I VRIJEDNOSTI
KOJE PRIMI OSOBLJE KOD LOKOMOTORNE DIJAGNOSTIKE .. 483.

STAVI IZ OBLASTI ZAŠTITE OKOLIŠA I OKOLIŠNE PROBLEME, BR. 10, 1988.

IZ OBLASTI ZAŠTITE OKOLIŠA I OKOLIŠNE PROBLEME

IZ OBLASTI ZAŠTITE OKOLIŠA I OKOLIŠNE PROBLEME

1. SEKCIJA

RADIOEKOLOGIJA

OKOLIŠNA ZAŠTITA

OKOLIŠNA ZAŠTITA

U ovom broju izlaze dva članka iz oblasti radioekologije. Prvi od njih, napisan od strane prof. dr. M. J. Čučevića, posvećen je problemu zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja. U ovom članku se razmatraju osnovni principi zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja, kao i neke od najvažnijih mera zaštite koje treba preduzeti u slučaju izlivanja radioaktivnih materija u okoliš.

1. Sekcija RADIOEKOLOGIJA

U ovom broju izlaze dva članka iz oblasti radioekologije. Prvi od njih, napisan od strane prof. dr. M. J. Čučevića, posvećen je problemu zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja. U ovom članku se razmatraju osnovni principi zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja, kao i neke od najvažnijih mera zaštite koje treba preduzeti u slučaju izlivanja radioaktivnih materija u okoliš.

OKOLIŠNA ZAŠTITA

U ovom broju izlaze dva članka iz oblasti radioekologije. Prvi od njih, napisan od strane prof. dr. M. J. Čučevića, posvećen je problemu zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja. U ovom članku se razmatraju osnovni principi zaštite okoliša od radioaktivnog zračenja, kao i neke od najvažnijih mera zaštite koje treba preduzeti u slučaju izlivanja radioaktivnih materija u okoliš.

MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja su provedena u pet značajnijih lovišta BiH, a analizirani su uzorci lišaja i mahovine, kao i uzorci trave. Navedeni uzorci su u periodu prije havarije NE u Černobilju uzimani u količini od oko 3 kg, te nakon prethodne pripreme i mineralizacije podvrgnuti gamaspektrometrijskoj analizi. Uzorci iz vremena poslije Černobiljske havarije su uzimani u količini od 1 kg po uzorku, a radioaktivnost je mjerena direktno u nativnom uzorku. Radioaktivnost je mjerena poluprovodničkim Ge(Li) detektorom i 4000 kanalnim analizatorom uz korištenje metode gamaspektrometrijske analize dobijenog spektra. Iz dobijenih gama spektara izračunata je aktivnost Cs-137, a nakon havarije u Černobilju i Cs-134.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja dati su u tabeli 1 i 2 kao srednje vrijednosti od tri uzorka za svako lovište. Iz dobijenih rezultata uočava se da je nakon havarije NE u Černobilju došlo do značajnog povećanja nivoa Cs-137 u svim uzorcima lišaja i mahovine, te uzorcima trave. U svim ispitivanim uzorcima nakon havarije evidentno je prisustvo Cs-134, koji se u ranijem periodu nije mogao registrovati.

Tabela 1. Nivoi radioaktivnosti cezija u lišaju i mahovini (Bq kg^{-1})

Lokalitet	1985		1987			
	Cs-137		Cs-134		Cs-137	
	lišaj	mahovina	lišaj	mahovina	lišaj	mahovina
1.	624	494	531	1338	1785	3500
2.	696	499	530	920	1230	2073
3.	653	508	860	1439	1800	4604
4.	496	379	357	990	1378	2190
5.	397	267	80	249	391	858
\bar{X}	613	429	472	987	1315	2645

Tabela 2. Nivoi radioaktivnosti cezija u travi (Bq kg^{-1})

Lokalitet	1985	1987	
	Cs-137	Cs-134	Cs-137
1.	11	21	45
2.	31	66	213
3.	32	16	46
4.	21	18	50
5.	22	12	41
\bar{x}	23	27	79

Nivo aktivnosti Cs-137 u periodu do akcidenta u uzorcima lišaja se nalazio u rasponu od 397 do 696 Bq kg^{-1} , a u uzorcima mahovine od 267 do 508 Bq kg^{-1} . Uzorci trave u istom periodu su pokazivali nivo aktivnosti Cs-137 u rasponu od 11 do 32 Bq kg^{-1} svježeg uzorka što je znatno niže u odnosu na lišaj i mahovinu istog Lovišta. Razlike u nivoima po Lovištima nisu naročito izražene. Uzorci lišaja, mahovine i trave uzeti tokom 1987 godine, dakle ne neposredno nakon akcidenta, nego nakon izvjesnog vremena, kad se ne može govoriti samo o folijarnoj depoziciji, pokazuju viši nivo aktivnosti Cs-137 i prisustvo Cs-134. Tako se nivo aktivnosti Cs-137 u lišaju kreće od 381 do 1800 Bq kg^{-1} , u mahovini od 858 do 4604 Bq kg^{-1} i travi od 41 do 213 Bq kg^{-1} . Nivoi aktivnosti Cs-134 su za lišaj od 80 do 860 Bq kg^{-1} , mahovinu 249 do 1439 Bq kg^{-1} i travu 12 do 66 Bq kg^{-1} .

Analiza rezultata stepena kontaminacije između ispitivanih Lovišta ukazuje da je nakon nezgode nastala neravnomjerna raspodjela radioaktivnosti po pojedinim lokalitetima. Ove razlike bile su uslovljene meteorološkim faktorima i količinom padavina na ispitivanim lokalitetima u periodu prolaska radioaktivnog oblaka koji se iznad naše teritorije nalazilo u periodu između 29 aprila i 6 maja 1986 godine.

ZAKLJUČAK

- Nakon havarije NE u Černobilju došlo je do znatne radioaktivne kontaminacije lišaja i mahovine u Lovištima BiH.
- Značajne su razlike u nivoima radioaktivnog cezija po pojedinim Lovištima u periodu nakon Černobiljskog akcidenta.

- Lišajevi i mahovine pokazuju znatno veći nivo aktivnosti od trave sa istih lokaliteta, što potvrđuje ranije nalaze da su oni bioindikatori radioaktivne kontaminacije određene teritorije.

ABSTRACT

COMPARATIVE REVIEW OF LICHEN AND MOSS RADIOACTIVITY LEVEL IN HUNTING AREA OF BIH BEFORE AND AFTER CERNOBILJ DAMAGE

Since it has been known that lichen and moss are bioindicators of radioactive contamination of eco-system, it is interesting to compare radioactive contamination levels of these species in period before and after Cernobilj damage.

The results of lichen and moss gammaspectrometrics analysis taken from 5 important hunting areas in BiH, during 1985 and 1987, are showed in this work.

In examined materials, it was defined Cs-137 in each sample and Cs-134 in post Cernobilj samples. Obtained results show significantly higher level of lichen and moss radioactive contamination about 10 times during 1987. The presence of Cs-134 was found in period after Cernobilj, Cs-134 was not present in this material in an earlier period.

LITERATURA

1. Kljajić R.: Prilog istraživanju bioindikatora radioaktivne kontaminacije fisionim produktima (Cs-137 i Sr-90), *Magistarski rad*, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1981.
2. G.Marović, A.Bauman, N.Lokobauer: Bioindikatori radioaktivne kontaminacije, *Zbornik radova II Savj. Jugosl. društva za zaštitu od zračenja*, Kragujevac, 1986.

XV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Priština, 6.-9.06.1989.

RADIOAKTIVNOST HRANE UVEŽENE U SR HRVATSKU U PERIODU 1986-1988.

Vertačnik, A., Barišić, D., Košutić, K. i Lulić, S.

OOOR Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

Sažetak

U periodu 1986-1988. izvršeno je 700 gamaspektrometrijskih analiza radioaktivnosti hrane koja se uvozi u SR Hrvatsku. Specifična aktivnost ispitivane hrane iznosi do nekoliko postotaka od zakonom dozvoljene sume ^{134}Cs i ^{137}Cs od 600 Bq/kg, odnosno 370 Bq/kg (1). U 1% slučajeva (lješnjaci) uvoz je bio zabranjen.

Uvod

Nakon nuklearne nezgode u Černobilu, Laboratorij za nuklearnu kemiju i radioekologiju Centra za istraživanje mora Zagreb, Instituta "Rudjer Bošković" vršio je redovitu kontrolu radioaktivnosti hrane koja se uvozi u SRH. Kontrola je vršena u skladu s odredbama člana 5. Zakona o zdravstvenoj ispravnosti živežnih namirnica i predmeta opće upotrebe (Sl. list SFRJ 55/78 i 58/85) (2).

Materijal i metode

Uzorke namirnica uzimali su Savezni sanitarni inspektori, a u Laboratoriju su uzorci pripremani za mjerenje u Marineli posudama (250-500 g).

Gamaspektrometrijsko određivanje prisutnih radionuklida vršeno je na Ge(Li) detektoru vezanom s 4096 kanalnim analizatorom "Canberra". Vrijeme brojenja kretalo se 3000-60000 sekundi. Iz poznate efikasnosti brojača, postotka gamazrake, količine uzoraka, te intenziteta karakterističnog foto-vrha izračunavane su specifične aktivnosti dugoživućih radionuklida ^{134}Cs i ^{137}Cs i usporedjene su sa propisima dozvoljenih 600 Bq/kg odnosno 370 Bq/kg za dječju hranu.

Rezultati i diskusija

U promatranom periodu od 1.05.1986. do 31.12.1988. izvršeno je oko 700 analiza prehrambenih proizvoda. Prosječna vrijednost izmjerene radioaktivnosti važnijih namirnica prikazana je u Tablicama 1-9.

Tablica 1. Žitarice

Vrsta	Godina uvoza	Broj uzoraka	Specifična radioaktivnost (Bq/kg)		
			¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	Suma Cs
Pšenica	1986.	4	9,3	21,6	30,9
	1987.	8	0,1	1,5	1,6
	1988.	1	-	-	-
Soja	1986.	6	-	0,2	0,2
	1987.	8	0,4	1,8	2,2
	1988.	10	-	-	-
Riža	1986.	1	-	-	-
	1987.	1	-	-	-
	1988.	-	-	-	-

Tablica 2. Meso

Govedina	1986.	3	3,2	5,9	9,1
	1987.	32	3,7	10,7	14,4
	1988.	33	2,9	12,4	15,3
Svinjetina	1986.	18	3,2	7,0	10,2
	1987.	20	3,4	9,1	12,5
	1988.	42	0,3	1,2	1,5

Tablica 3. Masti i ulja

Maslinovo, riblje i biljno	1986.	2	-	-	-
	1987.	10	0,3	1,0	1,3
	1988.	8	0,2	1,0	1,2

Tablica 4. Morske ribe i mekušci

Plava riba	1986.	-	-	-	-
	1987.	4	-	-	-
	1988.	9	0,2	1,0	1,2
Bijela riba	1986.	3	0,7	1,6	2,3
	1987.	4	-	-	-
	1988.	15	-	-	-
Mekušci - lignje, muzgavci, hobotnice	1986.	1	-	-	-
	1987.	4	-	-	-
	1988.	8	0,1	0,3	0,4

Tablica 5. Povrće

Grah	1986.	2	1,0	1,2	2,2
	1987.	2	1,3	3,6	4,8
	1988.	6	-	-	-
Sušeni - mrkva, celer, peršin	1986.	1	2,1	14,0	16,1
	1987.	3	2,0	6,1	8,1
	1988.	5	-	-	-

Tablica 6. Mlijeko i mliječni proizvodi

Mlijeko - pasterizirano, kondenzirano	1986.	4	23,2	52,8	76,0
	1987.	2	2,5	7,4	9,9
	1988.	3	7,2	27,7	34,9
Mlijeko u prahu	1986.	2	8,3	17,1	25,4
	1987.	3	43,4	115,6	159,0
	1988.	11	6,5	26,2	32,7
Sirevi	1986.	10	2,6	5,2	7,8
	1987.	19	1,7	4,5	6,2
	1988.	13	0,7	2,7	3,4
Maslac	1986.	2	-	-	-
	1987.	14	0,3	1,0	1,3
	1988.	14	0,3	1,2	1,4

Tablica 7. Dječja hrana

Humana 0	1986.	1	3,8	9,0	12,8
	1987.	2	0,5	1,8	2,2
	1988.	2	-	-	-
Humana 1	1986.	1	9,6	25,6	35,2
	1987.	4	3,5	8,1	11,6
	1988.	5	0,6	3,0	3,6
Humana 2	1986.	1	12,3	23,3	35,6
	1987.	6	2,4	6,5	8,9
	1988.	6	0,1	0,4	0,5
Humana 9	1986.	2	17,4	37,2	54,6
	1987.	1	5,5	17,6	23,1
	1988.	4	0,6	2,4	3,0

Tablica 8. Voće

Južno voće - limuni, naranče, banane, grejp	1986.	6	-	0,5	0,5
	1987.	13	-	-	-
	1988.	7	-	-	-
Lješnjaci	1986.	5	630,0	1530,8	2160,8
	1987.	12	149,0	408,8	557,8
	1988.	11	26,2	73,5	99,8
Orasi i bademi	1986.	1	7,3	21,3	28,6
	1987.	9	22,0	51,4	73,5
	1988.	2	0,1	0,4	0,5

Tablica 9. Napitci

Kava	1986.	4	0,5	1,8	2,3
	1987.	3	-	0,6	0,6
	1988.	3	-	-	-
Bezalkoholna pića	1986.	3	-	-	-
	1987.	5	0,8	2,2	3,0
	1988.	12	0,4	1,7	2,1
Alkohona pića	1986.	2	1,0	2,5	3,5
	1987.	4	-	-	-
	1988.	67	-	0,1	0,1

Iz rezultata je vidljivo da je "uvezena" radioaktivnost relativno niska, nekoliko postotaka od dozvoljene. Nivo radioaktivne kontaminacije različit je, ovisno o vrsti i porijeklu prehrambenog proizvoda i terminu stavljanja u promet. Namirnice s najmanje akumulirane radioaktivnosti su soja, i sve južno voće, što je razumljivo jer navedeni su proizvodi s područja koja nisu bila pod utjecajem Černobila. Morske ribe imaju nisku specifičnu radioaktivnost, što je u skladu s rezultatima (3). Koštunjavo voće, naročito lješnjaci, akumulirali su najviše radioaktivnosti. U 7 slučajeva uvoz lješnjaka je morao biti zabranjen, što predstavlja 1% izvršenih kontrolnih ispitivanja. Svi zabranjeni lješnjaci potjecali su iz SSSR, uglavnom berba 1986.

Pregled rezultata pokazuje da se tokom godine smanjuje nivo akumulirane radioaktivnosti u hrani, što je naročito vidljivo na dječjoj hrani, koja je sva uvezena iz SRNJ. Međutim, zbog suvremenih metoda dugoročnog skladištenja hrane, potrebno je i nadalje vršiti redovitu kontrolu radioaktivnosti prehrambenih proizvoda.

Abstract

Approximately 700 gammaspectrometric radioactivity analysis of various food samples imported to SR Croatia were performed in the period 1986-1988. ^{134}Cs and ^{137}Cs specific activity in goods amounted several percents of those permitted by the Law on Health Validity of Food, Art. 5 (Sl. list SFRJ 55/78 and 58/85), except for hazelnuts. In 1% of all samples the import had to be banned. The control of radioactivity in food should be continued.

Keywords: radioactivity, food, import, SR Croatia

Literatura

1. Odluka Saveznog komiteta za rad, zdravstvo i soc. politiku od 7.05.1986.
2. Zakon o zdravstvenoj ispravnosti živežnih namirnica i predmeta opće upotrebe (Sl. list SFRJ 55/78 i 58/85).
3. Prethodni izvještaj o nivou radioaktivne kontaminacije SR Hrvatske u ovisnosti o meteorološkim prilikama nakon havarije u NE "Lenjin" u Černobilu, svibanj 1986.

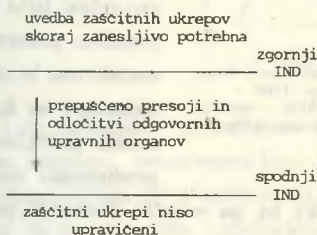
R.Martinčič, B.Pucelj

Institut Jožef Stefan, Univerza E.Kardelja, Ljubljana

Pričujoči pregled na kratko prikazuje problematiko in metodologijo določanja izvedenih intervencijskih nivojev za radioaktivno kontaminiranost hrane.

Ob akcidentalnem izpustu radioaktivnih snovi v okolje vir sevanja ni več po nadzorom ali pa je ta nadzor le delen, nepopoln. S posebnimi zaščitnimi ukrepi kot so evakuacija, zaklanjanje, prepoved uporabe kontaminirane hrane, vode itd. preprečujemo nestohastične učinke in zmanjšujemo verjetnost za stohastične efekte na sprejemljivo vrednost. Kriteriji za vpeljavo posameznih zaščitnih ukrepov predstavljajo pri tem poseben problem. Tako preostra meja lahko povzroči več ekonomske škode kot zdravstvene koristi, medtem ko si preblage meje ne moremo privoščiti zaradi možnosti pojava nestohastičnih učinkov pa tudi zaradi nesprejemljive incidence stohastičnih posledic. Zato so v različnih mednarodnih telesih uvedli pojem intervencijskih nivojev doz (IND), ki predstavljajo referenčne vrednosti, ob katerih se odločamo za zaščitne ukrepe (sl.1). Če so pričakovane doze pod spodnjim IND, uvajanje zaščitnih ukrepov ni upravičeno, če pa presegajo zgornji IND, je uvedba skoraj zanesljivo potrebna. Vmesno območje pričakovanih doz je tisto, v katerem je treba pripraviti sprotne, razmeram primerne IN. V praksi je IND za hitre in neposredne odločitve težko

uporabljati, saj običajno razpolagamo z drugačnimi merskimi podatki (vsebnost radioaktivnih snovi v zraku, vodi, hrani, hitrost doze). Zato je potrebno vneprej pripraviti tudi izvedene intervencijske nivoje (IIN). To so tiste referenčne vrednosti (npr. vsebnost radioaktivnih izotopov v zraku, vodi, hrani), pri katerih bodo ustrezni upravni organi uvedli posamezne zaščitne ukrepe.



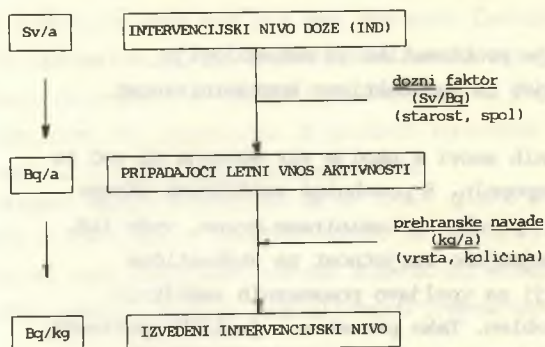
sl.1: Strategija intervencijskih nivojev doz.

Metodologija določanja izvedenih intervencijskih nivojev za hrano poteka v več korakih, od katerih vsak terja določene odločitve, vhodne podatke in prenostavitve (sl.2).

Prvi korak predstavlja odločitev o tem, pri kateri vrednosti (pri hrani običajno letne) doze bomo izvajali določen zaščitni ukrep (npr. prepoved uživanja kontaminirane hrane). Ta odločitev temelji na poznavanju odvisnosti bioloških učinkov sevanja od doze. Tipične vrednosti intervencijskih nivojev doz, ki jih priporočajo mednarodna telesa, so v tabeli 1⁽¹⁾. Jugoslavija svojih nivojev se ni določila.

Naslednji korak predstavlja določitev letnega vnosa določenega

radioaktivnega izotopa v telo. Do tega pridemo, če poznamo tako imenovane doz pretvorbene faktorje. Ti dependijo od fizikalnih lastnosti izotopa (razpolovni čas, vrsta in energija razpada), kemijskih lastnosti elementa ali spojine (položaj v periodnem sistemu, topnost spojin) in od njegovega metaboličnega



Sl.2: Metodologija določitve izvedenih intervencijskih nivojev.

prehrane le-to običajno obravnavamo po skupinah, ki predstavljajo glavne dele v prehrani (mleko in mlečni izdelki, meso, sadje in zelenjava, žitarice).

Tabela 1: Priporočeni intervencijski nivoji doze za nadzor hrane (pred černobilsko nesrečo)

celo telo ali EDE		posamezni organ		Organizacija
SIND	ZIND	SIND	ZIND	
5	50	50	500	ICRP,IAEA,WHO
5	50	50	500	CEC ⁽¹⁾
1	10	-	-	CEC ⁽²⁾

Opombi: ⁽¹⁾ - prvo leto, ⁽²⁾ - naslednja leta

Oznake: CEC - Commission of the European Communities, EDE - efektivni dozni ekvivalent, IAEA - International Atomic Energy Agency, ICRP - International Commission on Radiological Protection, SIND - spodnji intervencijski nivo doze, WHO - World Health Organization, ZIND - zgornji intervencijski nivo doze

znatno odstopa od povprečja. To je podatek, ki bi ga morali čimbolje poznati tako za Jugoslavijo kot celoto kot tudi za posamezne republike, pokrajine in regije. Sele na osnovi tega poznavanja lahko določimo tipične grupe prehrambenih izdelkov in njihovo povprečno letno porabo na prebivalca. Podatki za Jugoslavijo kot celoto so zbrani v letnih statističnih pregledih. Prav nobenih podatkov pa nismo našli o prehrambenih navadah naših narodov in narodnosti oziroma dojenčkov in otrok.

Ker vnaprej ni mogoče vedeti, kateri prehrambeni proizvodi in radionuklidi bodo v dani nezgodni situaciji prispevali največ k pričakovani enakovredni dani najprej izračunamo IIN za primere onesnaženosti ene same vrste hrane z enim samim radionuklidom. Te rezultate nato uporabimo za določitev danim razmeram prilagojenih izvedenih intervencijskih nivojev (več vrst hrane onesnaženo hkrati z več radionuklidi).

V primeru, da je ena sama vrsta hrane onesnažena z enim samim

obnašanja v telesu (stopnja absorpcije iz hrane, prenosna pota v telesu, kopičenje v organih, izločanje in ustrezne odvisnosti od starosti, spola, individualne razlike). Običajno so povprečeni za oba spola, glede na starosti pa posebej obravnavajo nekatere tipičnih starostnih skupin (1 leto, 10 let, odrasli).

Zadnji korak je določitev samih izvedenih intervencijskih nivojev. Dobimo iz letnega vnosa z upoštevanjem porabe hrane. Zaradi raznolikosti

Najpogosteje razpolagamo s povprečnimi vrednostmi za neko območje ali državo, zato je potrebno biti še posebno pozoren na morebitne kritične skupine, za katere morda značilen poseben prehranski vzorec,

ozne
vni
radionuklidom, IIN izračunamo po obrazcu (2):

$$IIN = \frac{IND_n \cdot f}{I_g \cdot D_{ing} \cdot G_g}$$

kjer imajo simboli naslednji pomen: IIN je izvedeni intervencijski nivo - tista koncentracija radionuklida v hrani g, pri kateri bomo začeli izvajati določen zaščitni ukrep (Bq/kg ali Bq/l); IND_n je intervencijski nivo enakovredne doze pri katerem bomo izvajali določen zaščitni ukrep (n.pr. prepoved uživanja določenega prehranbenega izdelka) (Sv); I_g je povprečna letna poraba prehranbenega izdelka g na prebivalca (kg/leto); D_{ing} je pretvorbeni faktor, ki napove pričakovano enakovredno dozo zaradi zaužitja 1 Bq aktivnosti določenega radionuklida, (committed effective or single organ dose equivalent per unit intake of the nuclide by ingestion) (Sv/Bq); f je razmerje koncentracij radionuklida v hrani pred pripravo ali obdelavo in v hrani, ki je pripravljena za konzumacijo, to razmerje je večinoma večje ali enako 1 ($f \geq 1$) in G_g je razmerje integralne letne koncentracije radionuklida v hrani g s koncentracijo v tej hrani v določenem izbranem trenutku (Bq.leto/kg)/(Bq/kg).

V dejanskih razmerah pa moramo upoštevati, da k dozi prispevajo vsi izpuščeni radionuklidi in vsa kontaminirana hrana. To storimo tako, da seštejemo vse posamezne prispevke. Matematično to zapišemo v obliki:

$$\sum_g \sum_i \frac{C(i,g)}{IIN(i,g)} \leq 1$$

kjer je $C(i,g)$ dejanska (izmerjena) koncentracija radionuklida i v hrani g, $IIN(i,g)$ pa izvedeni intervencijski nivo izračunan na osnovi predpostavke, da je hrana g kontaminirana le z radionuklidom i.

Dokler je ta neenačba izpolnjena, posameznik ne bo presegel dogovorjenega intervencijskega nivoja doze IND. V nasprotnem primeru se morajo ustrezni upravni organi odločati o primernih zaščitnih ukrepih.

S problematiko intervencijskih in izvedenih intervencijskih nivojev, ki je postala še posebno aktualna po černobilski nesreči, se intenzivno ukvarjajo tudi v mednarodnih strokovnih organizacijah kot so IAEA (International Atomic Energy Agency), WHO (World Health Organization), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) in CEC (Commission of the European Communities). vrednosti, ki jih priporočajo so zbrane v tabeli 2 in 3^(3,4,5). Iz tabel je razvidno, da tudi v mednarodnem merilu še ni prišlo do soglasja.

Problematika določitve izvedenih intervencijskih nivojev je torej zelo kompleksna. Začenja se z osnovno odločitvijo o nivoju tveganja, ki smo ga pripravljene sprejeti za posameznika in za populacijo in s poznavanjem tako splošnih (dozni pretvorbeni faktorji) kot specifičnih podatkov za državo ali

posamezno območje. Od vseh podatkov, ki so potrebni za določitev izvedenih

Tabela 2: Primerjava nekaterih mednarodno predlaganih izvedenih intervensijskih nivojev za nadzor hrane (Bq/kg ali Bq/l)

CEC			FAO		
hrana	izotop	SIIN	hrana	izotop	SIIN
mleko, izdelki	Sr, I	700 (500)	vsa	Sr-90	70 (20)
	alfa	80 (20)		I-131	400 (-)
	ostali	20000(4000)		Cs-134	350 (50)
ostala hrana	Sr, I	7000(3000)		Cs-137	500(100)
	alfa	400 (80)		Pu-239	10 (2)
	ostali	30000(5000)			

WHO		
hrana	odrasli	dojenčki
zitarice	3500 (35)	Sr-90 : 160
gomolji	5000 (50)	I-131 : 1600
zelenjava	8000 (80)	Cs-137 : 1800
sadje	7000 (70)	Pu-239 : 7
meso	10000 (100)	
mleko	4500 (45)	
ribe	35000 (350)	

Oponaba: Vrednosti se nanasajo na prvo leto, vrednosti v oklepajih pa na naslednja leta.

Tabela 3: Izvedeni intervensijski nivoji članic EGZ za hrano za primer jedrske nesreče ali drugega izrednega radiološkega dogodka - ne veljajo za černobilsko kontaminacijo (objavljeno 30.12.1987)

Izotop	mleko, izdelki	ostalo
Sr	125	750
I	500	2000
alfa	20	80
ostali $t_{1/2} > 10d$	1000	1250

Oponaba: Za prehrano dojenčkov intervensijski nivoji se niso sprejeti.

Literatura

- (1) B.W.Emerson, "The Development of Intervention Levels ...", Irrt.Conf. on Rad. in Nuclear Energy, Sydney, Australia, 18-22 Apr. 1988, IAEA-CN-51/85
- (2) IAEA, "Derived Intervention Levels ... - Principles, Procedures and Data", Safety Series No. 81, IAEA, Vienna, 1986
- (3) CEC, "Derived Emergency Levels ... " A Report to the Group of Experts set under Article 31 of the Euratom Treaty", CEC, Brussels, 29th July 1986
- (4) FAO, "Report of the Expert Consultation on Recommended Limits ...", Rome, 1-5 December 1986, ESN/MISC/87/1
- (5) WHO, "Derived Intervention Levels ... ", Geneva, 1988

Abstract

There is need to determine derived intervention levels (DILs) for the nuclides of potential radiological significance that could be released to the environment in the event of an accident. In this document general principles and procedures for estimating DILs for ingestion pathway are discussed.

NIVO AKTIVNOSTI ^{134}Cs I ^{137}Cs U LEKOVITOM BILJU

Stanković S., Krainčanić M.

INEP - OOUR Institut za endokrinologiju, imunologiju i ishranu,
Zemun

U radu je analiziran nivo radiocezijuma 134 i 137 u uzorcima lekovitog bilja. Posebno su analizirani pojedini delovi biljke; cvet, list i koren s obzirom na njihovu primenu. Dobijeni rezultati ukazuju na znatnu radiokontaminaciju biljaka posle akcidenta u Černobilu. Izrazitu radioaktivnost imaju uzorci gloga, lišaja, kore frangule, cveta kamilice, ljubičice i dr.

Uvod

Poznavanje nivoa aktivnosti biološki značajnih radionuklida ^{134}Cs i ^{137}Cs u lekovitom bilju posle akcidenta u Černobilu je posebno važno sa aspekta široke primene biljaka u ljudskoj ishrani i za lečenje mnogih bolesti. Za lečenje arterioskleroze i hipertenzije, za jačanje rada srca i za umirenje uspešno se primenjuju glogov list i cvet; koren kravljaka (vilino sito) je narodni lek za lečenje histerije i bolesti mokraćnih organa; koren zečjeg trna zbog sadržaja šećera i glikozida deluje diuretično, a rizom divlje metvice zbog aromatičnog mirisa od eteričnog ulja koristi se za pripremanje ukusnog, osvežavajućeg čaja (1).

Pored lekovitih biljaka analizirane su neke koje imaju široku primenu u farmaceutskoj industriji, posebno kozmetici kao na pr. lišaj. Ove biljne vrste su izrazito kontaminirane radiocezijumom i one su poznate kao bioindikator, jer i u normalnim uslovima imaju znatno viši nivo radionuklida u odnosu na ostale biljke, zbog direktnog kontakta sa atmosferom (2).

Materijal i metode

Analizirani uzorci bilja sakupljeni su sa cele teritorije Jugoslavije posredstvom naših uvozno-izvoznih firmi: Jugolek-Belgrad, Produktiva - Novi Sad, Exportbilje-Risan, Dalmacijabilje-Dubrovnik, Krka-Novno Mesto, Ilirija-Vedrog-Ljubljana, Bosanka-Brčko i dr. Gamaspektrometrijski je odredjivan nivo aktivnosti radiocezijuma u homogenizovanim uzorcima (3).

NIVO AKTIVNOSTI ^{134}Cs I ^{137}Cs U LEKOVITOM BILJU

Stanković S., Krainčanić M.

INEP - OOUR Institut za endokrinologiju, imunologiju i ishranu,
Zemun

U radu je analiziran nivo radiocezijuma 134 i 137 u uzorcima lekovitog bilja. Posebno su analizirani pojedini delovi biljke; cvet, list i koren s obzirom na njihovu primenu. Dobijeni rezultati ukazuju na znatnu radiokontaminaciju biljaka posle akcidenta u Černobilu. Izrazitu radioaktivnost imaju uzorci gloga, lišaja, kore frangule, cveta kamilice, ljubičice i dr.

Uvod

Poznavanje nivoa aktivnosti biološki značajnih radionuklida ^{134}Cs i ^{137}Cs u lekovitom bilju posle akcidenta u Černobilu je posebno važno sa aspekta široke primene biljaka u ljudskoj ishrani i za lečenje mnogih bolesti. Za lečenje arterioskleroze i hipertenzije, za jačanje rada srca i za umirenje uspešno se primenjuju glogov list i cvet; koren kravljaka (vilino sito) je narodni lek za lečenje histerije i bolesti mokraćnih organa; koren zečjeg trna zbog sadržaja šećera i glikozida deluje diuretično, a rizom divlje metvice zbog aromatičnog mirisa od eteričnog ulja koristi se za pripremanje ukusnog, osvežavajućeg čaja (1).

Pored lekovitih biljaka analizirane su neke koje imaju široku primenu u farmaceutskoj industriji, posebno kozmetici kao na pr.lišaj. Ove biljne vrste su izrazito kontaminirane radiocezijumom i one su poznate kao bioindikator, jer i u normalnim uslovima imaju znatno viši nivo radionuklida u odnosu na ostale biljke, zbog direktnog kontakta sa atmosferom (2).

Materijal i metode

Analizirani uzorci bilja sakupljani su sa cele teritorije Jugoslavije posredstvom naših uvozno-izvoznih firmi: Jugolek-Beograd, Produktiva - Novi Sad, Exportbilje-Risan, Dalmacijabilje-Dubrovnik, Krka-~~Novo~~ Mesto, Ilirija-Vedrog-Ljubljana, Bosanka-Brčko i dr. Gamaspektrometrijski je odredjivan nivo aktivnosti radiocezijuma u homogenizovanim uzorcima (3).

Tabela 1. Nivoi aktivnosti Cs¹³⁴ i Cs¹³⁷ u uzorcima lekovitog bilja u Bq/kg (broj uzoraka prikazan je u zagradama)

VRSTA BILJA	1986.	1987.	1988.
Sumitates crataegi (Glog)	1848+354 (6)	5579+556 (8)	988+148 (16)
Radix althaeae (Koren sleza)	38+6 (3)	58+14 (3)	39+15 (3)
Radix cichorii (Koren cikoriije)	-	40+10 (3)	185+39 (3)
Radix carlinae (Koren kravljaka)	42+10 (3)	39+10 (3)	36+80 (3)
Radix ononidis (Koren zečjeg trna)	34+8 (3)	-	25+8 (3)
Rhizoma calaminthae (Rizom divlje metvice)	36+8 (3)	53+10 (3)	63+26 (4)
Fructus juniperi (Kleka)	306+50 (3)	384+60 (5)	43+10 (3)
Colchicum autumnale (Seme mrazovca)	60+10 (3)	-	17+6 (3)
Cortex frangulae (Kora frangule)	2795+60 (3)	720+107 (3)	235+50 (13)
Lichen quercus (Hrastov lišaj)	-	16870+3165 (3)	7833+1376 (3)
Lichen islandicus (Islandski lišaj)	-	10407+2050 (3)	7442+683 (3)
Herba asperulae (Lazarkinja)	4190+80 (3)	531+66 (4)	103+20 (3)
Herba equiseti (Rastavić)	-	248+50 (7)	86+22 (6)

Herba hederæ terestris (Bršljan)	-	444+50 (6)	371+60 (3)
Herba hyperici (Kantarion)	109+20 (3)	299+24 (9)	52+13 (3)
Herba hyssopii (Miloduh)	-	428+103 (3)	-
Herba millefolii (Hajdučka trava)	1370+268 (4)	281+50 (3)	115+29 (3)
Herba meliloti (Kokotac)	-	106+3 (3)	41+5 (3)
Herba melissæ (Matičnjak)	1815+200 (3)	229+36 (3)	32+9 (3)
Folium farfarae (List podbela)	889+100 (3)	125+30 (3)	76+21 (6)
Folium fragariae (List jagode)	-	11667+120 (2)	812+70 (5)
Folium rubi fruticosi (List kupine)	1169+ (4)	317+21 (4)	102+27 (4)
Folium salviae (List žalfije)	211+23 (4)	144+29 (16)	68+15 (5)
Folium taraxaci (Maslačak)	220+ (4)	145+20 (4)	34+10 (4)
Folium urticae (List koprive)	1941+40 (4)	162+6 (4)	143+30 (5)
Folium uvæ ursi (List medvedka)	2743+ (3)	410+40 (3)	56+10 (3)
Flores chamomillae (Cvet kamilice)	2446+126 (4)	-	75+10 (4)
Flores primulae (Cvet jagorčevine)	-	149+20 (6)	118+22 (4)
Flores sambuci (Cvet zove)	1245+87 (6)	223+26 (6)	96+29 (7)
Flores tiliae (Cvet lipe)	1170+69 (7)	307+28 (13)	127+25 (12)
Flores violae odoratae (Cvet ljubičice)	2710+158 (6)	336+40 (4)	246+78 (5)

THE LEVEL OF ^{134}Cs AND ^{137}Cs IN MEDICINAL PLANTS

Stanković, S., Krainčanić, M.

INEP - Institute of Endocrinology, Immunology and Nutrition, Zemun, Yugoslavia.

The present work will concentrate on the levels of radiocaesium 134 and 137 in samples of medicinal plants. Individual parts of plants, such as the flower, leaf and root were especially analysed owing to their extensive application. The obtained results suggest a considerable contamination of plants after the Chernobyl accident. The outstanding radioactivity was recorded in samples of hawthorn, lichen, the bark of frangula, camomile and violet flowers, etc.

RADIJACIONO-HIGIJENSKA EKSPERTIZA KRMNIH
SMEŠA ZA ISHRANU ŽIVINE

R. Mitrović[✱], B. Petrović^{✱✱}, Branislava Kordić[✱],
Snežana Zdravković[✱], I. Pavlović[✱]

✱ Veterinarski i mlekarski institut, 11070 Beograd, Auto put 3
✱✱ Veterinarski fakultet, 11000 Beograd, Bulevar JNA 18

Kratak sadržaj: U radu su prezentirani rezultati radijaciono-higijenskog istraživanja biološki značajnih radionuklida pri hroničnoj kontaminaciji živinarske proizvodnje. Ustanovljeni su nivoi aktivnosti kalijuma-40 i cezijuma-137 u krmnim smešama koje se koriste u procesu živinarske proizvodnje.

U v o d

Koncentrovani tip obroka (krmne smeše) u savremenoj ishrani i proizvodnji živinskog mesa i jaja, na većim živinarskim farmama i kod robnih proizvođača, bez obzira da li se radi o društvenom ili individualnom sektoru, predstavlja najjednostavniji tip obroka i najsigurniji način obezbedjenja živini svih potrebnih hranljivih materija. Međutim, kako se koncentrovani tip obroka karakteriše proizvodnjom kompletnih krmnih smeša u velikim fabrikama i spremanjem na samim farmama, pri čemu se koriste raznovrsne komponente - sirovine različitog higijenskog kvaliteta, nameće se potreba sprovođenja stalne kontrole kvaliteta. U toj kontroli poseban značaj i mesto pripada radijaciono-higijenskoj dijagnostici čiji je osnovni cilj davanje odgovora o stepenu radijacione kritičnosti gotovih krmnih smeša (6, 7).

Materijal i metod rada

U periodu od septembra 1987. do kraja juna 1988. godine izvršena je radijaciono-higijenska kontrola krmnih smeša koje se koriste u procesu živinarske proizvodnje. Na području uže Srbije, u pet fabrika stočne hrane (FSH), izvršeno je uzorkovanje: ŽP-1 (za ishranu i tov pilića - starter), ŽP-2 (za ishranu i tov pilića - finišer), ŽPP-1 (za ishranu priplodnih

✱ Dr R. Mitrović, nauč. sar.; dr Branislava Kordić, viš. nauč. sar.; Snežana Zdravković, dipl. vet. - str. sar.; I. Pavlović, dipl. vet. - str. sar.
✱✱ Prof dr B. Petrović, red. prof.

pilića - starter), ŽPP-2 (za ishranu priplodnih pilića - finišer) i ŽN (za ishranu kokoši nosilja). Od osnovnih radijacionih veličina u ovim uzorcima su utvrđeni nivoi $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$, pri čemu je korišćena standardna metodologija rada (1, 3, 6, 8, 11) - suva mineralizacija, atomska apsorpciona spektrofotometrija (AAS SP-192 "FYU UNICAM" za sadržaj K), gama spektrometrijska analiza ("CANBERRA" - ser. 90) i statistička obrada rezultata (računar PROGRAMM-ABLE SCIENTIFIC CALCULATOR - TSC 10).

R e z u l t a t i

Rezultati istraživanja su prikazani tabelarno u prilogu rada.

Analiza rezultata

Nivoi $A^{40}K$ u RH-analiziranim uzorcima krmnih smeša (tabela 1) kreću se u intervalu od 98 (ŽP-1 FSH/A) do 220 Bq/kg (ŽN FSH/C), a za $A^{137}Cs$ od 3 (ŽP-1 FSH/A i ŽP-2 FSH/D,E) do 13 Bq/kg (ŽN FSH/C). Kod svih RH-analiziranih uzoraka krmnih smeša utvrđena je varijabilnost koja je iskazana intervalima i koeficijentima varijacije - I_v i $C_v\%$ (tabela 2), što ukazuje da između pojedinih vrsta, odnosno grupa, krmnih smeša postoje evidentne razlike u nivoima $A^{40}K$ i $A^{137}Cs$. Tako na primer, nivo $A^{40}K$ u starteru krmne smeše za ishranu priplodnih pilića (ŽPP-1) je u proseku (tabela 2) veći za faktor 1,39 u odnosu na starter krmne smeše za ishranu i tov pilića (ŽP-1), a za $A^{137}Cs$ ovaj faktor iznosi 2. Kod finišera ovaj faktor za $A^{40}K$ iznosi 1,62 , a za $A^{137}Cs$ 2,5. U odnosu na nivo aktivnosti krmne smeše za ishranu kokoši nosilja ovi faktori su različiti i kreću se za $A^{40}K$ 1,94 i 1,88 (ŽP-1 i ŽP-2), odnosno 1,39 i 1,16 (ŽPP-1 i ŽPP-2), a za $A^{137}Cs$ 2,75 (ŽP-1 i ŽP-2), odnosno 1,37 i 1,1 (ŽPP-1 i ŽPP-2).

D i s k u s i j a

Krmne smeše za ishranu živine, gledano sa RH aspekta, imaju sve one osobine koje poseduju komponente - sirovine koje ulaze u njihov sastav (7). Stoga, logični su prisutni intervali u nivoima aktivnosti $K-40$ i $Cs-137$, obzirom da su mnogobrojni literaturni podaci (4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14) uka-

zali na mnoge RH specifičnosti komponenata - sirovina. Pri ovome, svakako treba imati u vidu i uticaj različitih receptura koje se koriste u tehnološko-proizvodnom procesu, a koje dobrim delom diktiraju ukupnu radijacionu opterećenost krmnih smeša za ishranu živine (7).

Obzirom da dozvoljeni nivo aktivnosti za Cs-137 u stočnoj hrani iznosi 280 Bq/kg (2), a da su u RH-analiziranim krmnim smešama koje se koriste u živinarskoj proizvodnji ustanovljeni nivoi $A^{40}K$ u intervalu od 100 do 200 Bq/kg, a za $A^{137}Cs$ od 4 do 11 Bq/kg, može se konstatovati da je stepen radijacione kritičnosti analiziranih uzoraka tolerantan.

Z a k l j u č a k

Na osnovu postignutih rezultata može se zaključiti da je u krmnim smešama za ishranu živine:

- nivo $A^{40}K$ u radijacionom intervalu od 105^{+9} do 204^{+10} Bq/kg;
- nivo $A^{137}Cs$ u radijacionom intervalu od $4^{+0,8}$ do 11^{+1} Bq/kg;
- stepen radijacione kritičnosti tolerantan.

L i t e r a t u r a

1. Djurić Gordana (1973): Magistarski rad, Farmaceutski fakultet, Zagreb; 2. IAEA (1982): Publikacija Br. 9; 3. Milosavljević, Z. M., V. Puača (1978): Stočna hrana, Privredni pregled, Beograd; 6. Mitrović, R. (1984): Doktorska teza, Veterinarski fakultet, Beograd; 5. Mitrović, R. i sar. (1981): XI Simp. JDZZ, Portorož; 4. Mitrović, R. i sar. (1977): Veterinaraija, 26, 4, Sarajevo; 7. Mitrović, R., Branka Kordić (1987): Veterinarski glasnik, Br. 11-12, 1113-1116, Beograd; 8. Mitrović, R. (1989): XXVII Simp. mlekarske industrije, Lovran; 9. Petrović, B. i sar. (1975): VIII Simp. JDZZ, Herceg Novi; 10. Petrović, B. i sar. (1976): IV Kong. SVIVT-Yu, Veterinaria 1-2, Sarajevo; 11. Po standardu JUS E. A1 020/63 (1963): Uzimanje uzoraka stočne hrane; 12. Radovanović, R., R. Feliks (1970): V Simp. JDZZ, Bled; 13. Radovanović, R. (1974): Doktorska teza, Veterinarski fakultet, Beograd; 14. Stanković Slobodanka i sar. (1983): XII Simp. JDZZ? Ohrid.

S a m m a r i

The results of radio-hygienic investigation of biologically important radionuclids in the conditions of chronic contamination of fowl production were presented in this paper. K-40 and Cs-137 activity levels in feed mixtures used in fowl production were established.

Tabela 1. Nivo aktivnosti kalijuma-40 ($A^{40}K$) i cezijuma-137 ($A^{137}Cs$) u krmnim smešama za ishranu živine

KRMNA SMEŠA	FSH	Nivo aktivnosti u Bq/kg	
		K-40	Cs-137
Za ishranu i tov pilića			
ŽP-1 (starter)	A	98	3
	B	101	4
	C	120	5
	D	110	5
	E	99	4
ŽP-2 (finišer)	A	113	4
	B	111	4
	C	118	5
	D	100	3
	E	101	3
Za ishranu priplodnih pilića			
ŽPP-1 (starter)	A	143	7
	B	152	8
	C	161	9
	D	130	7
	E	147	8
ŽPP-2 (finišer)	A	153	8
	B	166	9
	C	178	10
	D	190	11
	E	187	11
Za ishranu kokoši nosilja			
ŽN	A	200	11
	B	208	11
	C	220	13
	D	193	10
	E	201	11

Tabela 2. Pregled statističkih parametara

KRMNA SMEŠA	$A^{40}K$					$A^{137}Cs$				
	N	X	$\pm SD$	Iv	Cv%	N	X	$\pm SD$	Iv	Cv%
ŽP-1	5	105	9	22	8	5	4	0,8	2	20
ŽP-2	5	108	8	18	7	5	4	0,8	3	20
ŽPP-1	5	146	11	31	7	5	8	0,8	2	10
ŽPP-2	5	175	15	37	8	5	10	1,0	3	13
ŽN	5	204	10	27	5	5	11	1,0	2	10

DOZVOLJIVI NIVO AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA Cs-137 i Sr-90
U HRANI ZA ŽIVOTINJE RAZLIČITIH SMEROVA GOVEDARSKE PROIZVODNJE

Petrović B., R. Mitrović

* Veterinarski i mlekarski institut, 11070 Beograd, Auto put 3

KRATAK SADRŽAJ: U radu je prikazan postupak proračuna GDDU za biološki značajne radionuklide Cs-137 i Sr-90 koji preko raznih vrsta hrane dospevaju u organizam životinja različitih proizvodnih smerova u govedarskoj proizvodnji intenzivnog tipa.

Gljučne reči: granice dozvoljenog dnevnog unošenja, govedarska proizvodnja, cezijum-137, stroncijum-90

1 - UVOD

Sadržaj radioaktivnih supstancija u namirnicama životinjskog porekla je u žiži naučnih istraživanja već više od dve decenije, pri čemu se naročiti naglasak daje na nivo aktivnosti dva biološki značajna radionuklida (Cs-137 i Sr-90) u mleku i mesu .

Radijaciono opterećenje najvažnijih namirnica životinjskog porekla (mleko, meso) u značajnoj meri doprinosi povećanju radijacionog rizika humane populacije, a posebno njenih "kritičnih" kategorija (odojčad, deca i dr.) .

Da bi se osigurala radijaciona bezbednost najznačajnijih namirnica životinjskog porekla neophodno je da se pod stalnom opservacijom drži ceo lanac hranom a posebno njegovi odredjeni segmenti, kao što je to ciklus odredjene stočarske proizvodnje .

Medjutim, zbog veoma izraženih fizioloških i tehnoloških specifičnosti pri uzgoju i ishrani pojedinih vrsta životinja i uzgojnih kategorija, neophodno je propisivanje graničnih nivoa dozvoljivog dnevnog unošenja aktivnosti za biološki najznačajnije radionuklide .

U ovom radu biće prikazan postupak proračuna graničnog dozvoljivog dnevnog unošenja radionuklida Sr-90 i Cs-137 preko raznih vrsta hrane za životinje i to u ciklusu osnovnih proizvodnih smerova (muzne krave, toвна junad) u govedarskoj proizvodnji .

2 - SUŠTINA PROBLEMA

U animalnoj radijacionoj biologiji i radijacionoj fiziologiji postoje brojni bibliografski podaci o depoziciji i eliminaciji biološki značajnih radionuklida iz organizma pojedinih vrsta domaćih životinja . Takodje, postoje i nekoliko modela za izračunavanje koncentracije radionuklida u stočnoj hrani (1,2), koji važe za akutnu i subakutnu radijacionu situaciju . Ovoj problematici su i jugoslovenski istraživači dali svoj doprinos (3) .

Medjutim, u stručnoj literaturi iz oblasti radijacione higijene životinja i njihovih proizvoda nema razradjenih postupaka i normativa koji se odnose na ishranu pojedinih vrsta životinja i njihovih uzgojnih kategorija , sa razradjenim normativima za "granice dozvoljivog dnevnog unošenja" (GDDU) u uslovima hronične radijacione situacije .

3 - POLAZNE OSNOVE PRORAČUNA

Za rešavanje postavljenog problema u oblasti govedarstva, pošlo se od sledećih polaznih osnova :

- dozvoljivi nivo aktivnosti za Cs-137 u stočnoj hrani iznosi 280 Bq/kg (prema preporuci publikacije br.9, IAEA,1982) ;
- prema prethodno navedenoj preporuci, posmatrani odnos (PO) Sr-90/Cs-137u stočnoj hrani treba da iznosi 0,25 u mleku 0,33 a u mesu 0,01.
- dozvoljivi nivo aktivnost Cs-137 za sada je : u mleku 300 Bq/l, a u mesu 600 Bq/kg ;
- pri hroničnoj ingestiji od dnevno unete aktivnosti Cs-137 , kod muznih krava se mlekom eluira 1,4-1,6% (SV=1,5%), dok se kod tovljenika istih životinja u mesu retenira 5-10% (SV=8,5%) ;
- za muzne krave (telesne mase cca 500 kg, sa prosekom davanja mleka 20 l/dan), mora se obezbediti količina hrane od 60-70 kg/dan, pri čemu na svežu kabastu hranu dolazi 67% , na suhu kabastu hranu dolazi 25% i na koncentrovanu hranu (krmne smeše) 8% ; veoma slični odnosi primenjuju se i na druge kategorije preživarara, kao što su tovnja junad ;
- nivo aktivnosti Cs-137 i Sr-90 u vodi za napajanje životinja ne treba da prelazi 2 Bq/l, što je gotovo uvek obezbedjeno, jer se

BIBLIOGRAFIJA

- /1/ NAS-NRC Publication 1078, Washington AC, 1963 .
- /2/ Wachsmann
- /3/ Petrović B., Djurić Gordana, Popović Dragana : Eluation of some biological significant radionuclides in milk .
- 14th Regional Congress of IRPA, Kupari, Jugoslavija, 1987, pg.85 .
- /4/ PRAVILNIK o uslovima pod kojima se mogu stavljati u promet i upotrebljavati za ishranu životinja stočna hrana i sirovine za izradu krmnih smeša za ishranu životinja, koje sadrže radioaktivne materije iznad odredjenih granica aktivnosti, Službeni list SFRJ, br. 6, str.152-153, 1988 .

ACCEPTABLE LEVELS OF Cs-137 AND Sr-90 RADIONUCLIDES IN ANIMAL FEEDS IN VARIOUS TYPES OF BOVINE PRODUCTION

Petrović B., R. Mitrović

In the scientific literature on radiation hygiene of animals and their products there are no developed procedures and regulations concerning "acceptable daily intake limits" (ADIL) in the conditions of chronic radioactive contamination of the environment.

The calculation procedure of ADIL for biologically significant Cs-137 and Sr-90 radionuclids reaching animal bodies through various types of food in different types of the intensive bovine production was reported in this paper.

Key words: acceptable daily intake levels, bovine production, caesium-137, strontium-90.

ODREDJIVANJE AKTIVNOSTI TRITIJUMA U TEKUĆIM VODAMA

Šipka V., Lazić S., Bačić S., Vuković Ž. i Hadžišehović M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

ABSTRAKT

U osam uzoraka tekućih voda merena je aktivnost tritijuma na dva tečna scintilaciona detektora: Packard (sa hladjenjem) i LKB (bez hladjenja). Korišćena je metoda obogaćenja uzoraka elektrolizom. Rezultati ukazuju na mogućnost korišćenja instrumenta LKB za detekciju tritijuma u uzorcima niske aktivnosti.

UVOD

Tritijum u prirodi nastaje dejstvom kosmičkih zraka na atome azota (1), kao rezultat reakcija $^{14}\text{N} (n, ^3\text{H}) ^{12}\text{C}$ i $^{14}\text{N} (n, ^3\text{H})_3$

Veštački izvori ^3H su nuklearna postrojenja, gde tritijum nastaje brojnim nuklearnim reakcijama. Kod teškovodnih reaktora oko 90% od oslobodjenog ^3H ide kao tečni efluent, a preostalih 10% kao gasni. Veštački nastao ^3H u prirodi se nalazi prvenstveno u obliku HTO, a prirodni u obliku HT i HTO.

Razlike u masi izotopa ^3H i ^1H prouzrokuju prvenstveno razlike u njihovim fizičkim osobinama, što dovodi do malog frakcionisanja njihovog izotopskog sastava u prirodnim supstancama, koje istovremeno postoje u dve faze (napr. voda-vodena para). To znači da će izotopski sastav prirodnih voda zavisiti od temperature, nadmorske visine, geografske širine, kao i od starosti i porekla vode. Zbog toga merenje tritijuma može dati podatke o poreklu vode, a što je još važnije, o procesima kojima je voda bila izložena u prirodi, kao i posledicama uticaja savremenih tehnologija.

KONCENTRISANJE UZORAKA

U ovom radu merena je aktivnost ^3H u tekućim vodama Dunava i Save. Uzorci su "slučajni" tj. uzeti pojedinačno u jednom periodu godine (oktobar 1987. godine).

Merenje aktivnosti tritijuma, u prirodnim vodama je vrlo otežano i spada u kategoriju merenja ekstremno niskih aktivnosti, koje su ispod nivoa fona kod uobičajenih nuklearnih tehnika (2). Zbog toga su uporedo sa proučavanjem osobina ^3H u prirodi, razvijene i metode separacije i koncentracije teškog izotopa vodonika.

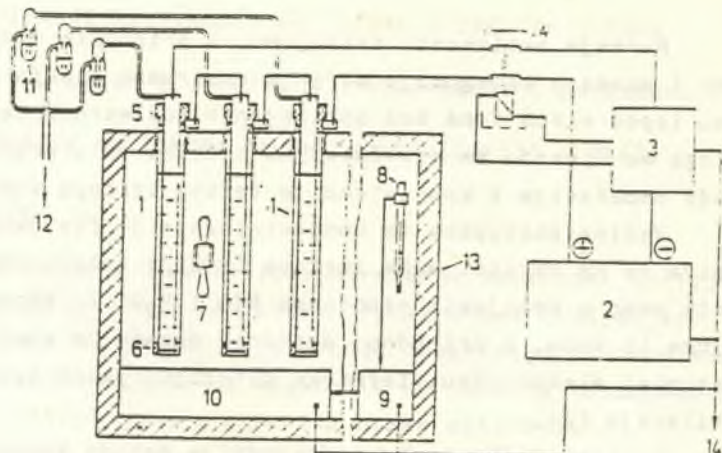
Većina postupaka za koncentrisanje je fizičkog karaktera i zasniva se na razlici masa izotopa iz koje potiču veće razlike u fizičkim nego u hemijskim osobinama HTO i H_2O . Za koncentrisanje tritijuma iz vode, u prirodnoj sredini, moguće je koristiti sledeće postupke: elektrolizu, termičku difuziju, gasnu hromatografiju i destilaciju (3).

Za analitičke svrhe najpogodnija metoda koncentrisanja ^3H je elektroliza, koju je prvi upotrebio Libby (4). U toku elektroli-ze dolazi do bržeg izdvajanja vodonika nego izotopa ^2H i ^3H , te njihova koncentracija raste u ostatku tečnog elektrolita.

Uzorak koji se ispituje potrebno je prethodno predestilirati radi odvajanja eventualno prisutnih jedinjenja od vode. Za elektrolizu se koriste ćelije napravljene od visoko čistog čelika, postavljene u hladnjak koji održava radnu temperaturu na $(0-2)^\circ\text{C}$ (sl.1). U svaku ćeliju se sipa po 250 ml. prethodno pripremljenog uzorka vode i 1 g. natrijumperoksida. Elektroliza traje 4-5 dana sa ukupnom strujom od 600-700 Ah (4). Posle ovog u ćelijama je zaostala zapremina tečnosti 25-40 ml. Faktor obogaćenja u svakoj elektrolizi se određuje standardom koji se elektrolizira zajedno sa uzorcima i iznosi 8-12, a zavisi od materijala elektroda, temperature, gustine struje i prirode elektrolita. Posle elektrolize uzorci se ponovo destilišu da bi se razdvojila voda od prisutnog elektrolita. U merne posude se unosi po 9 ml. uzorka, "mrtve vode" ili standarda i 12 ml. tečnog scintilatora (Insta gel - Packard).

MERENJE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI

Uzorci su mereni na dva tečna scintilaciona brojača da bi se utvrdilo da li je moguće merenje uzoraka iz prirodne sredine na detektoru bez hladjenja. Merenje je vršeno na tečnim scintilacionim brojačima: 1219 Rack Beta Spectral (LKB) bez hladjenja i Packard model 3380, sa hladjenjem (oko 10°C). Efikasnost je za oba instrumenta određena sa istim standardnim rastvorom i iznosila je 17% za LKB i 16% za Packard. Fon određen "mrtvom vodom" iznosio



Sl. 1. Aparatura za elektrolizu: 1. ćelija za elektrolizu - 20 kom. sa uzorcima vode, 2. električno napajanje-stabilizator SORENSEN DCR60-30B, 3. električni sat, elektromagnetna sklopka, 5. PVC izolator na ćeliji, 6. teflonski čep, 7. ventilator, 8. termometar, 9. regulator temperature hladnjaka, 10. hladnjak, 11. barbuteri sa parafinskim uljem, 12. odvod praskavog gasa, 13. zidovi hladnjaka, 14. priključni kabl.

T A B E L A 1.

Rezultati merenja ^3H u tekućim vodama na različitim detektorima

Mesto i vreme uzorkovanja	Spec. aktivnost ^3H PACKARD (Bq/l)	Spec. aktivnost ^3H LKB (Bq/l)
Sava-Jamena, 13.10.1987.	$2,6 \pm 0,5$	$2,9 \pm 0,6$
Sava-Ada Ciganl. 14.10.1987.	$2,9 \pm 0,5$	$3,7 \pm 0,7$
Sava-Ūšće, 16.10.1987.	$3,3 \pm 0,6$	$3,8 \pm 0,6$
DV-Radujevac, 26.09.1987.	$3,9 \pm 0,6$	$4,8 \pm 0,8$
DV-Tekija, 27.09.1987.	$3,8 \pm 0,6$	$3,0 \pm 0,5$
DV-Golubac, 28.09.1987.	$5,2 \pm 0,8$	$3,9 \pm 0,5$
DV-Ram, 29.09.1987.	$3,7 \pm 0,4$	$4,6 \pm 0,6$
DV-Grocka, 01.10.1987.	$4,3 \pm 0,8$	$6,6 \pm 1,0$

je na instrumentu bez hladjenja - LKB ($30,2 \pm 0,3$) cpm a na instrumentu PACKARD ($9,5 \pm 0,2$) cpm. Svaki uzorak je meren šest puta i relativna greška merenja nije prelazila 20%.

Rezultati merenja aktivnosti ^3H u tekućim vodama prikazani su u Tabeli I. Iz tabele se vidi da se aktivnost tritijuma, u istim uzorcima vode, izmerena na dva instrumenta, poklapa u granicama greške merenja.

ZAKLJUČAK

Iz ovog se može zaključiti da se instrument LKB bez hladjenja može koristiti za merenje aktivnosti tritijuma u uzorcima iz životne sredine, posle koncentrisanja elektrolizom.

LITERATURA

1. Lomonosov I.I., Sosin L.D., "Izmerenie tritija", Atomizdat, Moskva, 1968.
2. "Metrology of Radionuclides", IAEA, Vienna, 1960.
3. NCRT Report No.47, Washington, 1976.
4. Hadžišehović M., Doktorska disertacija, PMF, Beograd 1978.

ABSTRACT

Specific radioactivity of tritium in eight water samples was measured on two liquid scintillation detectors: PACKARD (with cooling) and LKB (without cooling). Electrolytic method was used for sample enrichment. The results have shown that the LKB instrument is suitable for measurement of tritium in the environmental samples.

RADIOAKTIVNO ZAGADJIVANJE PODZEMNIH VODA I TLA U ŠIROJ OKOLINI GOLUBCA NA DUNAVU

Dr Vujasinović S.

Dr Stevanović Z.

Mr Matić I.

Rudarsko-geološki fakultet
OOUR Grupa za Hidrogeologiju
Beograd, Djušina 7

UVOD I PROBLEMATIKA

Vodosnavdevanje naselja Golubac u sadašnjim uslovima odvija se sa tri izvorišta. Jedan od osnovnih problema je nedovoljan kapacitet izvorišta, posebno u periodu niskih voda, i veoma nepovoljan kvalitet voda. S obzirom na sadašnji i perspektivni razvoj područja SO Golubac, a posebno samog naselja, predviđa se da bi 2000-e godine trebalo obezbediti oko 50 l/s za zadovoljenje celokupnih potreba u kvalitetnim pijaćim vodama.

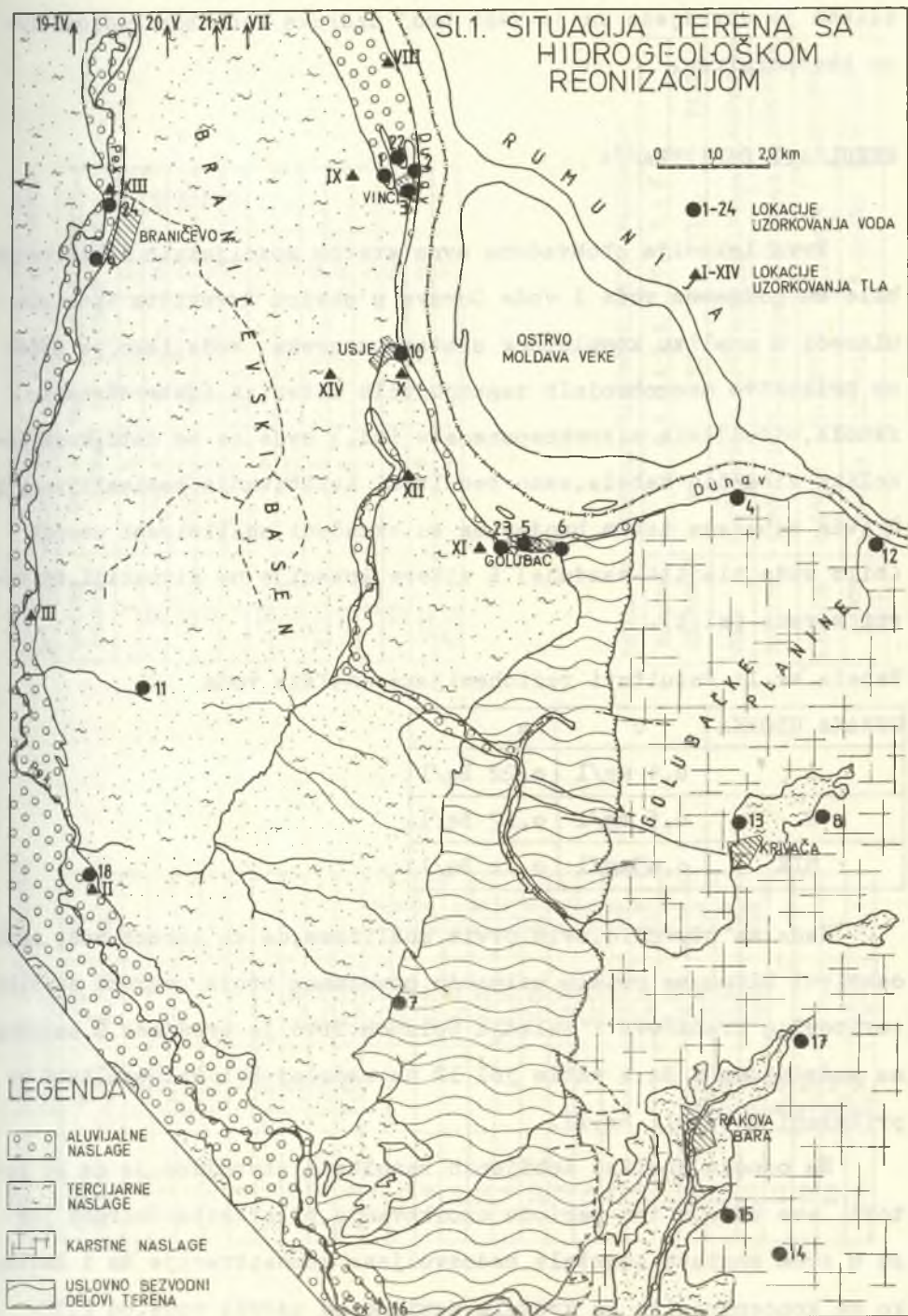
Na bazi analize svih prirodnih potencijala, i dosadašnjeg nivoa istraženosti, izdvojena su sledeća moguća izvorišta podzemnih voda za vodosnabdevanje Golubca i okoline.

- Karsna izdan područja Golubačkih planina.
- Tercijarne naslage šireg područja Braničeva.
- Aluvijalne naslage Dunava (Vinci) i Peka (Braničevo).

Na slici br.1 prikazana je situacija ovog terena i izvršena hidrogeološka reonizacija shodno pomenutim potencijalnim izvorištima.

U toku realizacije istraživanja posebna pažnja je bila posvećena kvalitetu podzemnih voda potencijalnih izvorišta i tom pr-

SL.1. SITUACIJA TERENA SA HIDROGEOLOŠKOM REONIZACIJOM



ilikom je utvrđeno da je veći broj uzoraka voda bio radioaktivno kontaminiran.

REZULTATI ISPITIVANJA

Prva lokacija obuhvaćena ovom vrstom specijalnih ispitivanja bile su podzemne vode i vode Dunava u okviru izvorišta Vinci. Ne ulazeći u analizu kompletnog sastava uzoraka voda, iako je uočeno prisustvo mnogobrojnih zagadjujućih materija (deterdženata, fenola, određenih mikrokomponenta itd.) ovde će se dati, kroz nekoliko sledećih tabela, samo rezultati ispitivanja radioaktivnosti. U svim tabelama istim brojevima su označeni analizirani uzorci (bilo voda, tla ili vazduha) i njihove lokacije na situaciji, tj. karti terena (sl.1).

Tabela br.I: Rezultati radiohemijske analize voda

OZNAKA UZORKA	U	Ra
1	0,4 mg/l	0,22 Bq/l
2	0,5 mg/l	0,17 Bq/l
MDK	0,05mg/l	0,11 Bq/l

Kada se utvrdilo, ovim prvim analizama, da su uzorci voda radioaktivni hitno se prišlo uzimanju povećanog broja uzoraka sa šire teritorije Braničeva i zaledja Golubca. Prvo je uradjeno 9 analiza na sadržaj Rn i Ra, a zatim još 12 na sadržaj U i Ra. Rezultati su prikazani u tabeli br.II.

Na osnovu analize dobijenih rezultata utvrđeno je da su gotovo sve vode, u tom periodu uzorkovanja, bile kontaminirane jer su u svom sastavu sadržale nedozvoljene koncentracije Ra i Rn. Tako se koncentracija Rn kretala, zavisno od uzorka vode, od 2,52-

TABELA II: REZULTATI RADIOHEMIJSKE
ANALIZE VODA

OZNAKA UZORKA	Rn (Bq/l)	Ra (Bq/l)	U ($\mu\text{g/l}$)
1	8,65		
3	8,59		
2	4,88		
4	3,00		
5	7,70		
6	10,24		
7	5,11	0,19	
8	2,52	0,14	
9	2,64	0,08	
5		0,17	1,2
1		0,14	1,3
9		0,20	2,8
10		0,17	2,0
11		0,22	1,6
6		0,25	1,8
12		0,28	0,7
13		0,19	0,6
14		0,19	0,4
15		0,25	0,3
16		0,11	0,3
17		0,16	0,2
18	3,20	0,60	2,2
19	8,20	0,31	1,4
20	6,02	0,11	0,8
21	4,47		
22	7,52		
23	8,42		
24	2,40	0,06	0,5

TABELA III: REZULTATI MERENJA KONCENTRACIJE RADIOAKTIVNE EMANACIJE U TLU I GAMA RADIOMETRIJSKOG PREMERA ŠIRE OKOLINE GOLUBCA

OZNAKA UZORKA	Rn + Tn (EMANI)			GAMA RADIOAKTI- VNST (CPS)		
I		6			75	
II	12/5	8	6	70	60	65
III	12/5	13/8	1/4	75	75	65
IV	6	6	5	65	65	55
V	7	25/5	35/5	60	75	75
VI		8			80	
VII		10			70	
VIII		8			60	
IX		8			60	
X		4			50	
XI		8			80	
XII		7			60	
XIII		5			75	

TABELA IV: REZULTATI RADIOMETRIJSKIH ANALIZA TLA

RADIOAK. ELEMENTAT	O Z N A K A U Z O R K A			
	V	VI	VII	VIII
URAN	1.05881ppm	0.547687ppm	0,224193ppm	1.466969ppm
TORIJUM	5.87735ppm	6.315819ppm	1,123100ppm	4.299978ppm
KALIJUM	0.93645	1.122939	0.181451	0.846288
ODNOS TH/U	5.553533	11.53181	5.009412	2.931198

10,24 Bq/l, a Ra od 0,08 - 0,60 Bq/l. Dozvoljena ukupna alfa aktivnost, u kojoj učestvuju i Ra i Rn iznosi 0,11 Bq/l.

Najnovija ispitivanja izvedena su u maju 1988.g. Pored određenja U, Ra i Rn izvedena su i radiometrijska merenja vazduha i tla na terenu, a takodje i određenog broja uzoraka u laboratoriji. Ovi rezultati radiometrijskih merenja tla i vazduha (u zemlji) su prikazani u tabelama br. III i IV. Iz rezultata merenja koncentracije radioaktivne emanacije u tlu (do 1 m dubine) i gama-radiometrijskog promera vazduha, nema uslova da se može konstatovati povećana radioaktivnost. To isto važi i za uzorke stena do dubine od 1 m.

ZAKLJUČAK

Rezultati radioaktivnosti voda i tla ukazuju na postojanje neidentifikovanog radioaktivnog žarišta. Potrebno je hitno preduzeti preventivne i likvidacione mere zaštite voda ovog područja uz prethodno evidentiranje svih zagadjivača voda i tla, kako bi se sprečila dalja degradacija kvaliteta voda.

Indicije da se radi o deponiji radioaktivnih otpadaka na rumunskoj strani (obali) Dunava ili pak pretpostavka da se radi o prirodnoj radioaktivnosti određenih stena, treba detaljnim i specijalnim istraživanjima proveriti.

Što se tiče daljih istraživanja i predloga najoptimalnijeg rešenja vodosnabdevanja Golubca i okoline, na osnovu do sada utvrdjenih činjenica i svestrane analize hidrogeoloških uslova terena i uslova zagadjenosti voda i tla, ipak su označeni osnovni bezbedni pravci za rešenje problematike vodosnabdevanja na bazi korišćenja podzemnih voda.

RADIOACTIVE POLLUTION OF GROUNDWATER AND SOIL IN THE AREA OF
GOLUBAC TOWN ON THE DANUBE

The problems of water supply of Golubac and its surroundings are being actual for the long period. The existing wells and springs, located at several remote sites are not sufficient, considering both quantity and quality, to provide enough drinking water. The particular problem is unidentify radioactive waste site that causes great pollution of Golubac surroundings. The paper describes this topic in particular.

XV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
PRIŠTINA, 06-09 juna 1989 GODINE
TOTALNA BETA AKTIVNOST JEZERSKIH, BUNARSKIH I
IZVORSKIH VODA NA KOSOVU PRILIKOM AKCIDENTA
U NUKLEARNOJ ELEKTRANI "LENIN" U ČERNOBILU

SOUR ELEKTROPRIIVREDA KOSOVA – PRIŠTINA
RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA
SH. Dumani, Sh. Fazliu i H. Morina

Uvod

Prilikom havarije u nuklearnoj elektrani "Lenin" SSSR od 26 aprila 1986 godine preko tečnih i čvrstih padavina kontaminirane su direktno i indirektno jezerske, bunarske, izvorske i druge vode, odakle se stanovništvo Kosova snabdeva sa vodom za piće i za širu upotrebu.

Jedan od indikatora za ocenu nivoa kontaminacije voda sa radioaktivnim materijama dokazan je merenjem specifične totalne beta aktivnosti.

Metodologija rada

Uzorci jezerske, bunarske, izvorske i vodovodske vode uzeti su tokom meseca maj-juni i obuhvaćena je cela teritorija SAP Kosova.

Od uzetih uzoraka za analizu je uzeto 250 ml i ispareno je u "Evaporatur" u aluminijumske tacne koje su prethodno merene. Uzorci su mereni sa "Larom-5" sa GM cevi, sa efikasnošću od 13 %. Efikasnost detektora odredjen je sa standardnim izvorom soli KCl u kojem je $K=40$ 0.0119 % sa vremenom poluraspada $T=1.31 \times 10^3$ godina, i beta emiterom sa energijom zračenja od 133 MeV (88 %). Odredjen je faktor samoapsorpcije i sva merenja su izvedena pod istim geometrijskim uslovima.

Rezultati merenja

Vrednosti totalne beta aktivnosti u mBq/l dati su u tabelama 1, 2 i 3. Iz tablica se vidi da u otvorenim sistemima kao što su akumulaciona jezera, vrši se direktna kontaminacija tečnim i čvrstim padavinama zato je i stepen kontaminacije veći. Takodje, i vreme kontaminacije za ove sisteme je kraće. Za bunarske i podzemne vode, mehanizmi prenosa aktivnosti sa padavina, jesu složeniji, stepen kontaminacije je manji a i vreme od akcidenta pa do kontaminacije je duže.

Dana 02.05.1985 godine uzeti su prvi uzorci voda i registrovane su prve povećane vrednosti radioaktivne kontaminacije. Tokom celog meseca maja primećena je povećana vrednost kon-

taminacije do početka juna kada je specifična totalna beta aktivnost beležila pad, kao rezultat raspada radionuklida kratkog života.

Specifična totalna beta aktivnost je povećana od 2 do 195 puta.

TABELA 1,

SPECIFIČNA TOTALNA BETA AKTIVNOST KOSOVSkih VODA
PRE I POSLE AKCIDENTA MERENO 24 ČASOVA NAKON UZORKOVANJA

VRSTA UZORKA (VRSTA VODE)	DATUM UZORKOVANJA	MESTO UZORKOVANJA	SPECIFIČNA AKTIVNOST PRE AKCIDENTA MBq/l	SPECIFIČNA AKTIVNOST POSLE AKCIDENTA MBq/l
Jezerska	02,05,1986	Jezero "Batilava"	159,1	9200,0
"	04,05,1986	"	"	22600,0
jezerska	02,05,1986	jezero "Badovac"	148,0	7130,0
"	09,05,1986	"	"	4200,0
Vodovodska	02,05,1986	Vodovod "Priština"		3800,0
"	05,05,1986	"		2150,0
"	06,06,1986	"		1030,0
"	07,05,1986	"	60,0	1210,0
"	09,05,1986	"	"	190,0
"	09,05,1986	"	"	1250,0
"	09,05,1986	"	"	332,0
"	24,05,1986	"	"	456,8
Jezerska	03,05,1986	Jezero "Radonić"		11700,0
"	03,05,1986	"		3470,0
"	04,05,1986	"		600,0
"	05,05,1986	"	75,0	3310,0
"	06,05,1986	"	"	7090,0
"	07,05,1986	"	"	418,0
"	12,06,1986	"	"	483,0
Vodovodska	03,05,1986	Vodovod "Djakovica"		2420,0
"	04,05,1986	"		2660,0
"	04,05,1986	"		3950,0
"	06,05,1986	"		860,0
"	12,05,1986	"		493,8
"	12,05,1986	"		50,8
"	26,05,1986	"		725,6
"	26,05,1986	"		635,1
"	26,05,1986	"		604,7
"	12,06,1986	"		151,2
"	12,06,1986	"		151,2
Jezerska	02,05,1986	Jezero "Gazivoda"		1560,0
"	07,05,1986	"		7090,0
"	07,05,1986	"	59,2	7090,0
"	08,05,1986	"	"	9760,0
"	10,05,1986	"	"	6060,0
"	12,05,1986	"	"	5530,0

TABELA 2.

SPECIFIČNA TOTALNA BETA AKTIVNOST KOSOVSkih VODA
PRE I POSLE AKCIDENTA MERENO 24 ČASOVA NAKON UZORKOVANJA

VRSTA UZORKA (VRSTA VODE)	DATUM UZORKOVANJA	MESTO UZORKOVANJA	SPECIFIČNA AKTIVNOST PRE AKCIDENTA mBq/l	SPECIFIČNA AKTIVNOST POSLE AKCIDENTA MBq/l
Jezerka	15.05.1986	Jezero "Gazivoda"	59,2	324,9
Vodovodska	02.05.1986	Vodovod "Titova M."		4740,2
"	10.05.1986	"	47,4	2040,0
"	12.05.1986	"		1110,0
Izvorska	06.05.1986	Vodovod Peć		429,0
"	10.05.1986	"		336,0
"	10.05.1986	"		589,0
"	10.05.1986	"		171,0
Izvorska/banjska	13.05.1986	Banja "Ilidža"		544,0
izvorska	13.05.1986	Vrelo Peć		162,7
"	13.05.1986	"		75,6
bunarska/podz.	07.05.1986	"Peran" Podujevo		440,0
"	07.05.1986	"Podujeva" Podujevo		590,0
"	10.05.1986	"	96,2	1350,0
"	12.05.1986	"Peran" Podujevo		710,0
"	17.05.1986	"		443,5
bunarska	09.05.1986	Mazgit Priština	208,3	381,2
bunarska	10.05.1986	Vodovod Srbica	208,3	4070,0
jezerska	13.05.1986	Vodovod Srbica		1070,7
"	16.05.1986	"	59,2	389,2
"	21.05.1986	"		257,6
rečna	12.05.1986	Bistrica-Dečane		2040,0
"	13.05.1986	Vodovod-Dečane		36,1
"	14.05.1986	Streoc-Dečane		731,0
"	26.05.1986	Bistrica-Dečane		1000,4
bunarska	06.05.1986	Livoč-Gnjilane		110,0
Jezerka	06.05.1986	Livoč-Gnjilane		44000,0
"	03.05.1986	"		4709,0
izvorska	13.05.1986	Vodovod Gnjilane	242,0	1180,0
bunarska	13.05.1986	Vodovod Gnjilane		20,3
bunarska	16.05.1986	Banja Gnjilane		41,1
izvorska	13.05.1986	"Šar" 6, Janković		1210,0
izvorska	12.05.1989	Vodovod Kačanik	107,3	150,0
izvorska	15.05.1989	Vodovod 6, Janković	166,3	382,2
izvorska	12.05.1989	Vodovod Kačanik		27,5
izvorska	15.05.1989	Vodovod Kačanik		14,9

TABELA 3.

SPECIFIČNA TOTALNA BETA AKTIVNOST KOSOVSКИH VODA
PRE I POSLE AKCIDENTA MERENO 24 ČASOVA NAKON UZORKOVANJA

VRSTA UZORKA (VRSTA VODE)	DATUM UZORKOVANJA	MESTO UZORKOVANJA	SPECIFIČNA AKTIVNOST PRE AKCIDENTA mBq/l	SPECIFIČNA AKTIVNOST POSLE AKCIDENTA MBq/l
izvorska	03.05.1986	Prizren-izlaz		1210,0
"	12.05.1986	Vodovod Prizren		544,4
bunarska	13.05.1986	D, Zabel Glogovac	208,3	223,5
izvorska	13.05.1986	Feronikal Glogovac		1240,0
izvorska	13.05.1986	Krajkovo Glogovac		1790,0
izvorska	12.05.1986	Vodovod Istok		10,1
"	"	Česma-Istok		470,0
"	13.05.1986	Riblijak Istok		518,0
"	"	Banja Istok		433,0
izvorska	13.05.1986	Vodovod Leposavić	66,6	618,1
izvorska	13.05.1986	Vodovod Lešak	196,1	327,1
izvorska	12.05.1986	Vodovod S, Reka		473,1
"	"	Reštan-S, Reka	208,3	681,0
izvorska	15.05.1986	F, Piča-S, Reka		343,5
izvorska	13.05.1986	Vodovod Uroševac		2200,0
"	"	"	244,2	2480,0
"	19.05.1986	"		429,0
"	"	"		584,7
bunarska	13.05.1986	Vodovod Lipljan		196,5
"	"	"	155,4	405,5
arteška	14.05.1986	Klina	140,6	257,1
"	"	"		257,7
bunarska	15.05.1986	Gračanica Priština	208,3	545,8
"	"	Hade Priština		596,7
bunarska	13.05.1986	Vodovod-Dragaš		429,0
"	"	Vranište-Dragaš		588,0
"	"	Lubivište-Dragaš		100,7
"	"	"		629,4
bunarska	14.05.1986	Crnobreg-Dečan		164,3
bunarska	13.05.1986	iz cisterne-Vučitrn		108,4
"	"	Vodovod Vučitrn		577,4
izvorska	21.05.1986	Vrelo Goleš		19,0
"	"	"		388,7
izvorska	25.05.1988	Vodovod Kamenica		440,1
"	"	"		286,7

Tabela 4.

SREDNJE VREDNOSTI TOTALNE BETA AKTIVNOSTI KOSOVSKIH VODA

VRSTA UZORKA	SPECIFIČNA BETA AKTIVNOST mBq/l
Vodovodska voda	134.6 ± 92.1
bunarska voda	208.8 ± 135.8
mineralna voda	2504.9 ± 3119.1

Zaključak

Prilikom nuklearnog akcidenta na nuklearnoj elektrani "Lenin" Černobil-SSSR, prekod čvrstih i tečnih padavina došlo je do kontaminacije jezerskih, bunarskih, izvorskih, rečnih itd. voda od 2 do 195 puta. Najviši nivo kontaminacije registrovan je u otvorenim sistemima, kao što su akumulaciona jezera u odnosu na bunare-podzemne vode.

Totalna beta aktivnost se pokazala kao dobar indikator radioaktivne kontaminacije voda.

SUMMARY

In this paper are presented results of measurements of total beta activity in various waters of Kosovo, carried out a few days after the accident in the nuclear plant "Lenin"-Chernobyl URSS.

Results show that beta activity grewed from 2 to 195 times. The highest contamination level was registered in opened water systems, such as lakes and the lowest one in the underground waters and wells.

Literatura:

1. Frederic B. Johns: Handbook of Radiochemical Analytical Methods, Las Vegas, Nevada 1975.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Priština, 6-9. jun 1989

Š. Dumani, F. Gaši

SOUR EPK. OP. Dispanzer za medicinu rada
PMF. Fakultet

ANALIZA EFIKASNOSTI ZAUSTAVLJANJA BETA EMITERA , PRODUKTI
FISIJE, U AKCIDENTALNIM USLOVIMA POVEĆANJA KONTAMINACIJE
U SISTEMU ZA PREČIŠĆAVANJE VODE ZA PIČE "RADONIČ" DJAKOVICA

UVOD

Analiza efikasnosti zaustavljanja beta emitera vršeno je u mjesec maj-jun 1986 god., prilikom aksidenta u nuklearnoj elektrani "Černobil"-Kiev, 26 aprila, sa ciljem da se utvrdi efikasnost sistema za filtriranje pijače vode ,ocena nivoa radioaktivne kontaminacije sa beta emiterima kao i praćenje pada nivoa aktivnosti kao rezultat razlaganja kratkoživećih radionuklida i sedimentacije istih u podnožja jezera. Takodje je odredjeno i ukupna količina rastvorene i supendirane materije.

METOD RADA

Za odredjivanje ukupne aktivnosti beta emitera upotrebljena je direktna metoda isparavanja sa "Evaporatur". Za ovu svrhu su uzete tri uzorka vode sa površine jezera iz dubine od 5 metara, u objektu prije prečišćavanja iu gradskom vodovodu (mreži).

Uzorci od 250 ml. su ispareni u aluminijske tacne sa diametrom od 25mm u "Evoparatur" i mjereni težinski. Uzorci su mjereni na G.M. brojaću efikasnošću 13%, "Lara-5". Efikasnost detektora je odredjena sa standardnim izborom soli KCl. Odredjen je faktor samoapsorpcije. Sva mjerenja su obavljena pod istim geometrijskim uslovima.

DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati mjerenja totalne beta aktivnosti produkata fisije u jezerskoj vodi (Aj) "Radonič" i vodovoda grada Djakovice su dati u tabeli 1.

Iz gore navedenog se vidi koncentracija rastvorenih i suspendiranih materija u jezerskoj vodi i gradskom vodovodu je 0,1316 g/l, i 0,1392 g/l. Zato ova voda spada u relativno meke površinske vode sa malim koncentracijama suspendiranih materija.

ZAKLJUČAK

Za otvorene površinske sisteme, kontaminacija sa radioaktivnim materijama izražava se relativno brzo i u sličajevima bez tečnih padavina.

Ukupna beta aktivnost se pokazala kao jedan od indikatora kontaminacije radioaktivnim materijama voda.

Jezerska voda sistema "Radonić" spada u relativno meke vode.

ABSTRACT

In this study there is shown the measurement of the total beta activity of water in the accumulative lake "Radonić" Djakovica and in the city water supply during the accident which happened in the nuclear power station "Lenin" USSR on the 26.04. of the year of 1986.

LITERATURA:

1. Frederic B. Johns: Handbook of Radiochemical Analytical Methods. str. 34, National Environmental Research, Las Vegas, Nevada 1975.
2. Milojević S.: Studija prenosa fisionih produkata iz padavina u u pijaće vode (mag. rad. 1973).
3. Projekat: Radijaciona sigurnost snabdevanja SAP Kosova vodom, Priština-Beograd, 1976 god.
4. Radovanović R. i drugi: Izvori radioaktivne kontaminacije pijaće vode u Beogradu, IMRRZ-Beograd 1967.

FAKTORI RAZBLAŽENJA ZA RADIONUKLIDE ISPUŠTENE
IZ NE U REKU SAVU

Drndarski, N., naučni saradnik

Institut " Boris Kidrič ", 11000 Beograd, p.p.522

Abstrakt.

Disperzija radionuklida pri rutinskom ispuštanju iz NE u reku Savu izražena je pomoću faktora razblaženja. Koncentracije radionuklida rastvorenih u rečnoj vodi date su u funkciji od rastojanja od mesta ispuštanja.

Prikazan je i materijalni bilans najzastupljenijih radionuklida u tečnim efluentima iz NE.

Uvod.

Radionuklidi koji se ispuštaju pri radu NE u reku mogu da utiču na radijacionu dozu. Zato je neophodno odrediti uticaj tečnih radioaktivnih efluenata na akvatični ekosistem i na okolno stanovništvo.

Primenjeni matematički model za disperziju radionuklida u reci prikazan je u predhodnim radovima (1, 2, 3). Kompjuterski program L.P.G.S. primenjen je za izračunavanje koncentracije radionuklida u vodi i ocenjivanje radijacionog rizika usled rutinskih ispuštanja u reku Savu.

Karakteristike ispuštenih radionuklida.

Vrsta i kvantitet radionuklida ispuštenih iz NE u reku Savu u toku 1987 g. pokazani su na Tabeli 1 i baziraju na godišnjem izveštaju iz NE.

Tabela 1. Godišnje koncentracije radionuklida koji se ispuštaju u reku Savu

radionuklid $t_{1/2}$ (d)	koncentracija (Bq/ god.)	radionuklid $t_{1/2}$ (d)	koncentracija (Bq/ god.)
H-3 4492.5	1.30E + 13	Sb-124 60.4	5.70E + 06
Cr-51 27.7	9.21E + 06	Sb-125 1022.7	3.81E + 06
Mn-54 312.0	8.70E + 05	Te-132 3.3	3.37E + 05
Co-58 70.8	1.98E + 08	I-131 0.34	8.56E + 06
Co-60 1935.8	5.48E + 08	Cs-134 748.3	3.60E + 08
Zr-95 64.0	4.26E + 07	Cs-137 1.095E+04	6.39E + 08
Nb-95 35.0	3.96E + 06		

Kapacitet NE je 630 MWe.

Tečni radioaktivni efluenti ispuštaju se iz NE u reku brzinom od 1.51×10^6 l/min.

Rezultati i diskusija.

Za kompjuterski proračun uzeti su najzastupljeniji radionuklidi u tečnom efluentu iz NE, odnosno, tritijum, radio kobalt i radiocezijum.

Kompjuterskirezultati izraženi su kao faktori razblaženja (D_F), odnosno, količnikom brzine ispuštanja radionuklida (Bq/s) sa zapreminskom brzinom ispuštanja tečnog efluenta (m^3/s) puta koncentracija radionuklida u reci (Bq/m^3).

Faktori razblaženja za H-3, Co-60 i Cs-137 u reci Savi prikazani su na Tabeli 2.

Tabela 2. Faktori razblaženja za radionuklide ispuštene u reku Savu

radionuklid	rastojanje (km)	koncentracija (Bq/m ³)	D _f (Ø)
H-3	2.4	2.536 + 003	6.5
	74.6	7.830 + 002	21.1
Co-60	2.4	1.310 - 001	5.3
	74.6	4.250 - 002	16.4
Cs-134	2.4	2.381 - 001	2.0
	74.6	4.130 - 002	11.0
Cs-137	2.4	3.156 - 001	2.6
	74.6	7.360 - 002	11.0

Koncentracije najzastupljenijih radionuklida rastvorenih u vodi reke Save u funkciji od rastojanja od mesta ispuštanja prikazane su na Dijagramu 1.

Reference

1. Drndarski, N., Vuković, Ž., Božidarević, M., Current Problems and Concerns in the Field of Radiation Protection, Proceedings, XIVth Regional Congress of IRPA, Kupari, 1987.
2. Drndarski, N., Milovanović, Dj., Marić, S., Živanov, Ž., Water Pollution Contril in the Basin of the River Danube, Novi Sad, 21-23 June 1989.
3. Lazić, S., Vuković, Ž., 1, Energija, 1985.

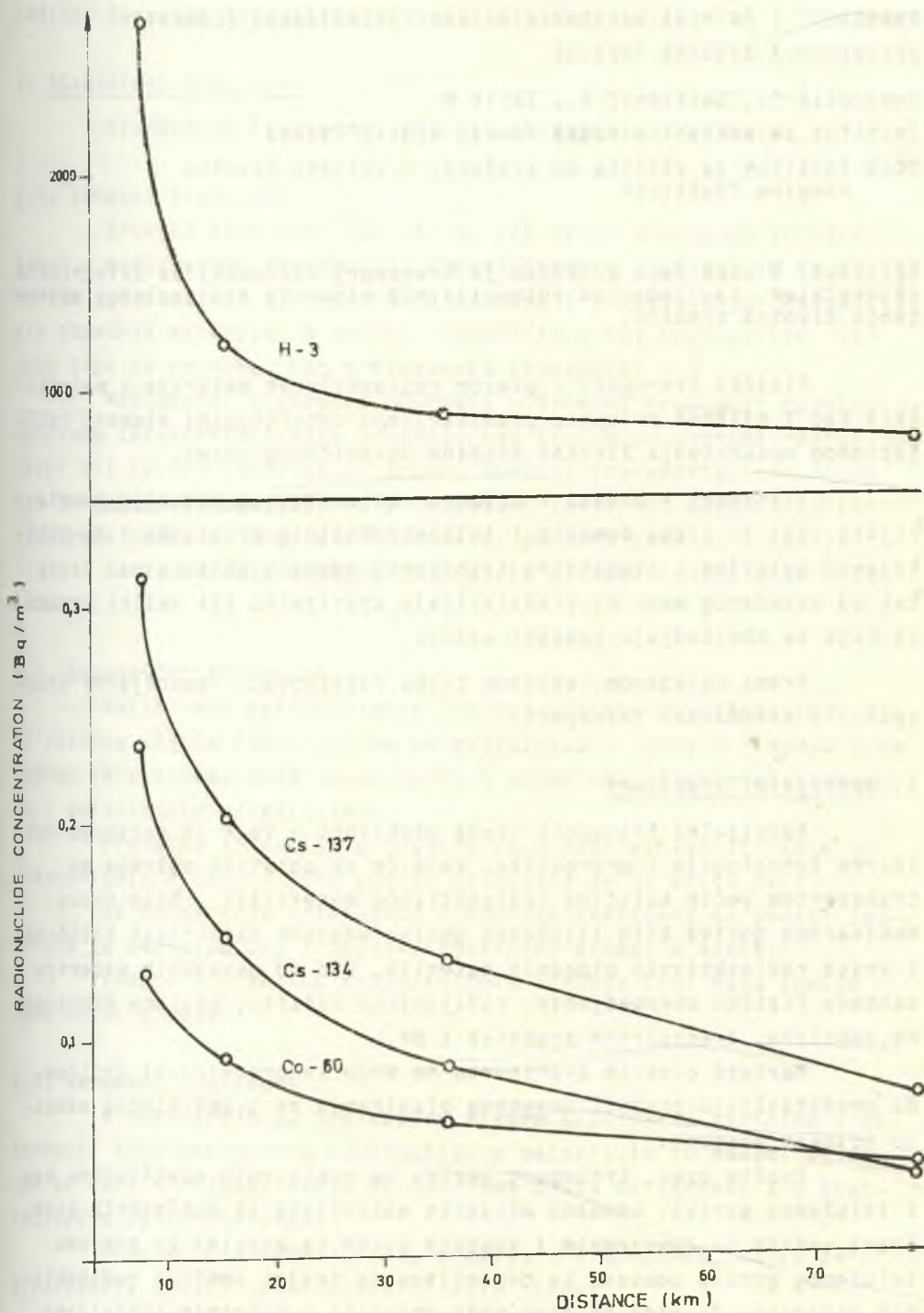


FIGURE 1. RADIONUCLIDE CONCENTRATION VS. DISTANCE

TRANSPORT I PRIMENA RADIONUKLIDA KAO POTENCIJALNI ELEMENT OPTEREĆENJA ŽIVOTNE SREDINE

Todorović D., Smiljanić R., Zarić M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne
sredine "Zaštita"

Apstrakt: U ovom radu prikazan je transport radionuklida železničkim saobraćajem, kao jedan od potencijalnih elementa radijacionog opterećenja životne sredine.

Fizički transport - prevoz radioaktivnih materija i materijala kao i njihova primena, predstavljaju potencijalni element radijacionog opterećenja životne sredine ograničenog obima.

Transport - prevoz i primena radioaktivnih materija i materijala vrši se prema domaćim i internacionalnim propisima i to uobičajenim putevima i sredstvima transporta odnosno postupcima. Izuzetak od navedenog mogu da predstavljaju specijalni ili veliki izvori, za koje se obezbeđuju posebni uslovi.

Prema navedenom, uslovno treba razlikovati "specijalni transport" i standardni transport.

1. Specijalni transport

Specijalni transport treba očekivati u vezi sa razvojem nuklearne tehnologije i energetike, kada će se pojaviti potreba za transportom većih količina radioaktivnog materijala - bilo novog nuklearnog goriva bilo isluženog goriva odnosno različitih količina i vrsta radioaktivnih otpadnih materija. Deo od navedenih materija zahteva fizičko obezbeđenje, radijacionu zaštitu, posebne kontejnere, ambalažu, transportna sredstva i dr.

Maršute ovakvih transporta ne mogu se predviđati obzirom da predstavljaju predmet posebnog planiranja za svaki slučaj odnosno objekat posebno.

Uopšte uzev, transport goriva na nuklearnim elektranama kao i isluženog goriva, odnosno otpadnih materijala iz nuklearnih elektrana vršiće se suvozemnim i vodenim putem ka mestima za prerađivanje isluženog goriva odnosno ka deponijama za trajni smeštaj radioaktivnih otpadaka. Za sada se samo može govoriti o početnim lokacijama eventualnog transporta, nuklearni instituti i N.E.Krško, dok su od-

redišne lokacije nepoznate, pa samim tim i maršute.

2. Standardni transport

Standardni transport vrši se uobičajenim sredstvima.

2.1. Drumski transport

Drumski transport koristi se pre svega u urbanom transportu kao i u medjumesnom transportu. Urbani transport odnosi se na distribuciju radioizotopa za medicinsku primenu i prikupljanje radioaktivnih otpadnih materija. U većini urbanih sredina, transportne rute ovog tipa su poznate, kao i frekvencija transporta.

Medjumesni transport obuhvata povremeni transport raznih, uglavnom zatvorenih, izvora zračenja kao što su gromobrani, defekoskopi ili izvori specijalne namene. Smerovi transporta, odredišta kao i frekvencija, podložni su promenama i zavise od potreba korisnika. Treba pomenuti regulativnu razliku po ovom pitanju u zemlji.

Karte maršuta urbanog transporta za veće centre nije teško oformiti.

2.2. Železnički transport

Veliki deo radioaktivnih izotopa prevozi se železnicom. Radi velikog učešća radioizotopa za medicinsku primenu u ukupnom transportu železnicom, može se govoriti o određenoj frekvenciji transporta i definisanim odredištima.

Prosečna situacija u pogledu vrednosti aktivnosti koja se transportuje u SFRJ u toku godine prikazana je na slici br.1.

Za formiranje prikazanih vrednosti korišćeni su podaci Instituta za radioizotopa i Spoljnotrgovinski promet u Vinči.

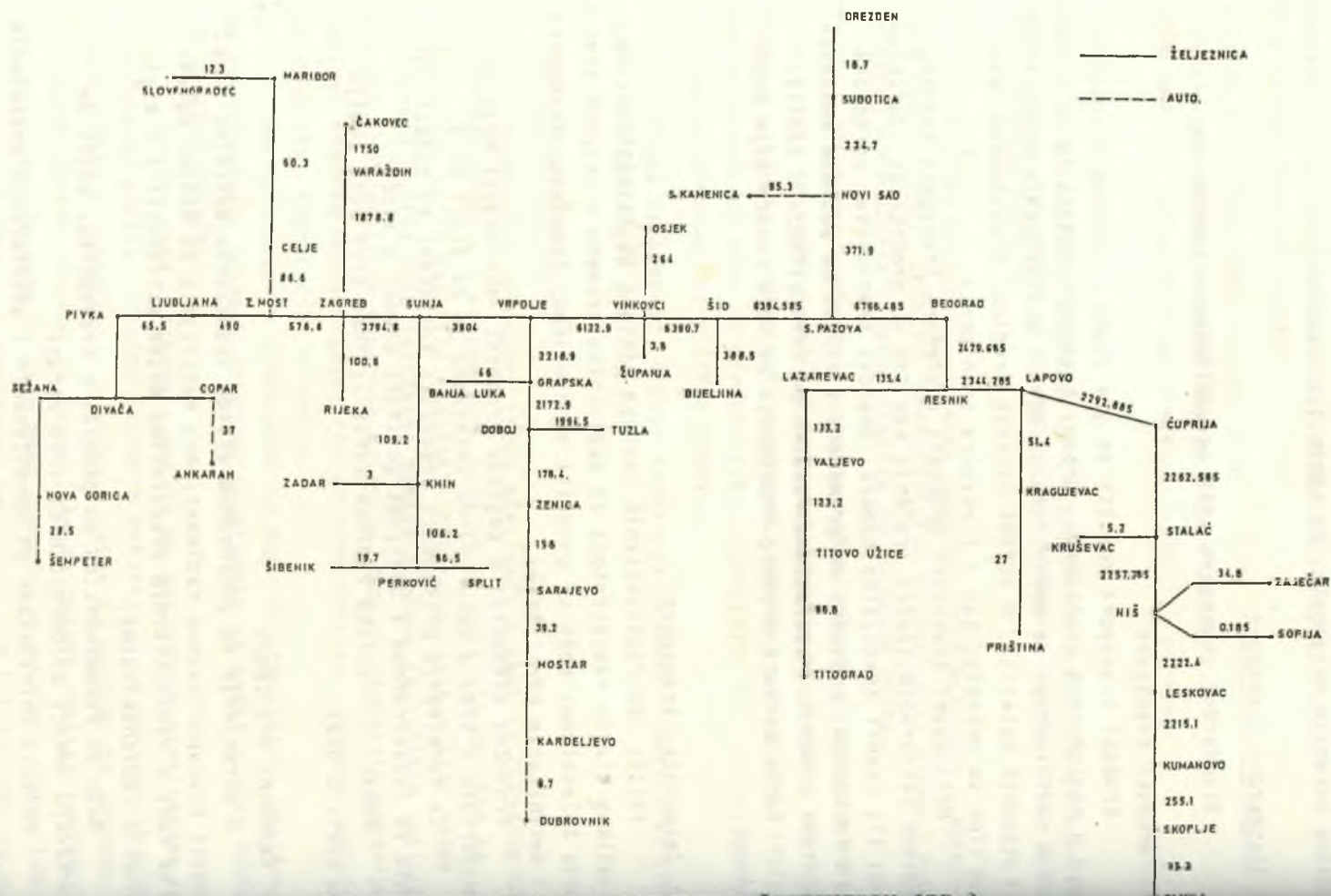
Podaci o tranzitu radioaktivnih izotopa kroz našu zemlju nisu uzeti u obzir.

2.3. Vazdušni transport

U poredjenju sa prethodnom vrstom transporta, količine i aktivnosti transportovanog radioaktivnog materijala su manje. Uglavnom se radi o radioaktivnim preparatima niske aktivnosti i o kratkoživećim radionuklidima.

Može se napomenuti, da su propisi o transportu, kojih se pridržavaju domaći avioprevoznici vrlo strogi.

Postoje inicijative za uprošćavanje i ublažavanje postojećih propisa.



2.4. Vodeni transport

Ne raspolaže se podacima o transportu radioaktivnih materija rečnim ili morskim transportom. Može se očekivati da će transport nekih posebnih, visoko aktivnih i velikogabaritnih sistema, u budućnosti, biti izvršen vodenim putem. Potrebni propisi za ovu vrstu transporta postoje.

Zaključak

Prikazano stanje može se posmatrati kao trajno stanje podložno manjim oscilacijama po količini i frekvenci. Znatnije povećanje transporta - prevoza radioaktivnih materija, po količini i aktivnosti, može se očekivati samo u slučaju intenziviranja rada na nuklearnoj tehnologiji i energetici.

Abstract

TRANSPORT AND APPLICATION RADIONUCLIDES AS THE POTENTIAL ELEMENT OF THE ENVIRONMENT BURDEN

The transport of the radioactive sources may be considered as the potential element of the radiation burden of the environment. Different kinds of the transport are presented and the data for the transport by railway in Yugoslavia are given.

Mirković G.

REPUBLIČKI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD SR BiH - SARAJEVO

UTICAJ NEKIH PEDOLOŠKIH KARAKTERISTIKA TLA
NA PENETRACIJU Cs-137, Cs-134 i Ru-106 U
USLOVIMA AKUTNE RADIOKONTAMINACIJE

R E Z I M E

U uslovima akutne radiokontaminacije tla vertikalna migracija radionuklida je znatno brža i zavisi prvenstveno od njihove rastvorljivosti i količine tečnih padavina, a tek zatim od količine kalijuma i ostalih pedoloških osobina tla.

U V O D

Kada radionuklidi dospiju putem padavina na tlo dolaze do njihove horizontalne i vertikalne migracije. Njihova migracijska sposobnost zavisi prvenstveno od fizičko-hemijskih osobina tla i hemijskog oblika u kom se nalazi pojedini radionuklid (1,2). Interakcija radionuklida sa tlom je vrlo složena i ogleda se prvenstveno u procesima adsorpcije, absorpcije, ionske izmjene i taloženja, pri čemu je ionska izmjena najvažnija (3).

U uslovima dugogodišnjih ravnomjernih deponovanja na tlo cezijum pokazuje izrazitu osobinu kumulacije, tj. migracija mu je znatno ograničena, pa je konstatovano da se gotovo 70% Cs-137 fiksira trajno u tlu, pri čemu je brzina migracije po dubini nekoliko centimetara godišnje, što je u prvom redu uslovljeno tipom i svojstvima tla (1).

Međutim, u uslovima akutne radiokontaminacije pokazuje se da je migracija znatno brža, jer očito vrijeme i uslovi interakcije sa tlom su znatno izmjenjeni (4).

Materijal i metode rada

Sakupljeni su uzorci tla na 14 lokaliteta BiH u toku maja 1987. godine, znači godinu dana nakon černobilskog akcidenta.

Konstatovano je da je ukupna radiokontaminacija tla BiH bila vrlo intenzivna i kratkotrajna (4).

Uzorci su uzimani pomoću specijalne bušilice, pri čemu je bilo omogućeno precizno razdvajanje uzoraka na dubinama od 0-5, 5-10 i 10-15 cm. Uzorci su pripremani standardnom metodom, a za laboratorijska mjerenja aktivnosti ispitivanih radionuklida korištena je metoda gamaspektrometrijskog određivanja, pomoću Ge(Li) detektora, pri čemu je mjerenje vršeno direktno u nativnom uzorku. Teksturna oznaka tla, kao i % humusa su određeni na osnovu postojećih sistematiziranih podataka o pedološkim karakteristikama uzorkovanih tala poznatih lokaliteta. K-40, dobiven gamaspektrometrijskom analizom, je uzet kao mjerilo ukupno prisutnog kalijuma u tlu, pošto je odnos K-40 i ukupnog kalijuma u tlu konstantan.

Rezultati i diskusija

Rezultati gamaspektrometrijske analize i pedoloških karakteristika tla ispitivanih lokaliteta, Tabela 1, ukazuju na znatnu raznolikost ispitivanih parametara, što u određenoj mjeri omogućuje poređenja uticaja tih parametara. Osim toga, primjetna je vrlo značajna migracija radionuklida iz I. u II. i III. sloj i to na većini ispitivanih lokaliteta. Prateći pojedinačne uticaje može se primjetiti da jedino prisustvo kalijuma u određenoj mjeri utiče na vertikalnu migraciju, dok uticaj drugih pedoloških osobina, bar u uslovima akutne radiokontaminacije, ne pokazuje direktno vidljive efekte. Naime, lokaliteti sa velikom migracijom imaju relativno malu količinu kalijuma, a lokaliteti sa znatno manjom migracijom obrnuto. Ovo posebno važi za cezijum dok ponašanje rutenijuma izgleda zavisi prvenstveno od hemijskog oblika u kom se nalazi. U posmatranim slučajevima izgleda da je bio dosta rastvoran u vodi i time vrlo pokretan u uslovima velikih količina padavina, koje su i registrovane prilikom deponovanja. Ovaj efekat svakako treba uzeti u obzir i kod praćenja vertikalne migracije cezijuma.

Tabela 1 : Nivoi radiokontaminacije i neke pedološke karakteristike tla

Lokalitet	Sloj/cm/	R A D I O N U K L I D /Bq/kg/				Teksturna oznaka tla	%sadržaj humusa
		Ru-106	Cs-134	Cs-137	K-40		
1	0-5	88,68	158,37	478,74	360,17	g.i.pjeskulja	1,92
	5-10	1,25	6,10	16,59	416,73		
	10-15	1,20	19,01	66,41	212,53		
2	0-5	2,20	4,92	10,16	315,41	g.p.ilovača	19,35
	5-10	30,13	5,10	4,18	440,37		
	10-15	1,73	1,69	13,73	440,45		
3	0-5	87,10	110,30	376,19	511,74	glina	16,60
	5-10	80,52	26,15	96,72	470,50		
	10-15	7,06	8,71	35,67	415,11		
4	0-5	52,63	75,35	240,16	837,43	ilovača	8,43
	5-10	18,07	4,02	34,66	800,41		
	10-15	4,81	3,58	15,56	992,94		
5	0-5	106,51	109,54	374,62	523,56	glina	8,27
	5-10	11,32	17,02	75,82	500,90		
	10-15	4,20	8,58	58,06	413,08		
6	0-5	92,12	157,32	482,69	725,48	i.pjeskulja	54,40
	5-10	38,89	6,42	42,67	722,67		
	10-15	9,48	5,44	7,75	696,21		
7	0-5	37,89	32,08	98,65	589,45	g.ilovača	3,57
	5-10	23,89	11,07	14,27	577,03		
	10-15	7,10	5,08	2,70	643,20		
8	0-5	83,43	87,46	270,22	677,00	glina	3,58
	5-10	2,15	1,63	54,34	480,16		
	10-15	13,39	6,96	20,55	661,00		
9	0-5	82,45	59,04	282,47	953,68	g.ilovača	5,60
	5-10	37,73	6,96	55,85	701,07		
	10-15	11,98	3,57	12,53	888,29		
10	0-5	2,13	18,99	96,66	167,52	glina	3,84
	5-10	2,12	7,58	54,88	235,58		
	10-15	1,78	0,91	115,61	166,69		
11	0-5	22,36	74,05	369,30	301,77	p.gline	2,52
	5-10	4,43	10,38	79,76	243,93		
	10-15	1,19	6,57	20,18	134,55		
12	0-5	2,31	20,38	116,02	70,96	i.pjeskulje	1,32
	5-10	33,96	3,67	61,22	138,70		
	10-15	2,47	3,88	50,98	129,78		
13	0-5	2,40	12,09	110,90	83,32	pjeskulja	2,22
	5-10	1,02	0,92	47,91	62,68		
	10-15	1,05	0,83	2,58	65,06		
14	0-5	249,05	256,92	808,94	449,70	ilovača	1,60
	5-10	4,02	9,21	51,82	227,29		
	10-15	2,33	8,22	27,63	523,78		

Z a k l j u č a k

U uslovima akutne radiokontaminacije tla migracija Cs-137, Cs-134 i Ru-106 je u znatnoj mjeri intenzivnija od uobičajene i prvenstveno zavisi od količine kalijuma, te padavina i propusnosti tla.

L i t e r a t u r a :

1. Bauman A., Juras M., Sokolović E., Štampf Đ.: Raspodjela radionuklida u tlu. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Vol.31, 3, 1980.
2. Saračević L., Mihalj A., Kljajić R., Hasanbašić D., Horšić E., Milošević Z.: Migracija Sr-90 i Cs-137 u tlu u zavisnosti od vrste i nadmorske visine tla. Zbornik radova, XII.Simp. JDZZ, 124, Ohrid, 1983.
3. Pirš M.: Sorpcijske lastnosti tal. Zbornik radova Savjetovanja: Jedske elektrane in zaštita pred sevanji,64, Čateške Toplice, 1980.
4. Mirković G.: Prilog ispitivanju uticaja meteoroloških faktora na akutnu radiokontaminaciju različitih vrsta zemljišta BiH u toku 1986-1987.godine. Magistarski rad, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 1987.

S u m m a r y

THE INFLUENCE OF SOME PEDOLOGICAL SOIL CHARACTERISTICS TO PENETRATION OF Cs-137, Cs-134 AND Ru-106 IN ACUTE RADIOCONTAMINATION CONDITIONS

In the acute radiocontamination conditions of soil, the vertical migration of radionuclides was very fast and depended on their solubility and the level of wet-fallout, and only after that of kalium level and remaining pedological characteristics of soil.

Mirković G.

REPUBLIČKI HIDROMETEOROLOŠKI ZAVOD SR BiH - SARAJEVO

VERTIKALNA MIGRACIJA Cs-137, Cs-134 i Ru-106

U TLU BiH U USLOVIMA AKUTNE RADIOKONTAMINACIJE

R E Z I M E

Izvršena su ispitivanja nivoa koncentracija Cs-137, Cs-134 i Ru-106 u tlu na 14 lokaliteta Bosne i Hercegovine nakon černobilskog akcidenta. Dobiveni rezultati pokazuju da je vertikalna migracija ispitivanih radionuklida u uslovima akutne radiokontaminacije vrlo izražena te da je u direktnoj vezi sa ukupnom deponovanom količinom.

U V O D

Istraživanjima je ustanovljeno da se u uslovima dugotrajnog deponovanja radionuklida iz atmosfere, prvenstveno putem mokrog i suhog fallout-a, njihovo deponovanje u tlu vrši po nekim dugotrajnim statističkim ponašanjima. Pri tome se kontaminacija tla vrši pod uticajem širokog spektra raznih faktora, koji mogu u značajnoj mjeri uticati na vrstu i količinu deponovanih radionuklida, ali je ukupan efekat uglavnom u znatnoj mjeri definisan (1,2).

Proučavanje efekta vertikalne migracije radionuklida u tlu je od velikog značaja za poznavanje i procjenu brzine i intenziteta njihovog uključivanja u prehrambeni ciklus (3), posebno u uslovima akutne radiokontaminacije.

Materijal i metode rada

Prikupljanje uzoraka tala je vršeno na 14 lokaliteta Bosne i Hercegovine u periodu april-maj 1987.godine, otprilike godinu dana nakon černobilskog akcidenta, pri čemu je došlo do značajne radiokontaminacije.

Uzorci su uzimani pomoću specijalne bušilice promjera 100 mm, sa graničnicima, što je omogućilo precizno uzorkovanje na

dubinama od 0-5, 5-10 i 10-15 cm. Priprema uzoraka je obavljena na standardan način, a za laboratorijska mjerenja aktivnosti ispitivanih radionuklida korištena je gamaspektrometrijska metoda, pomoću Ge(Li) detektora, pri čemu je samo mjerenje vršeno direktno u nativnom uzorku (4).

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja tri posmatrana radionuklida u tri sloja zemljišta prikazani su na Tabeli 1. Mjerenja su pokazala da postoji velika razlika u prostornoj raspodjeli radioaktivnih materija što može prvenstveno biti objašnjeno različitim meteorološkim uslovima nakon akcidentnog emitovanja radionuklida u atmosferu (5). Ovo je uglavnom uzrokovalo i različit intenzitet penetracije pojedinih radionuklida u dublje slojeve tla. Naime, evidentno je da je na lokalitetima 10 i 4 sa velikom ukupnom količinom radionuklida i penetracija vrlo značajna, dok je na lokalitetima 6,7,8,11, gdje je ukupna količina deponovanih radionuklida znatno manja, takođe i penetracija manja.

Posmatrajući količine radionuklida po slojevima primjećuje se da je u prvom sloju prosječno vezano oko 69%, u drugom 19%, a u trećem 12% od ukupno deponovane količine. Pri tome je indikativno da na lokalitetu 10, gdje je najveća količina deponovanih radionuklida, drugi i treći sloj zajedno sadrže oko 40% Cs-137, 33% Cs-134 i 57% Ru-106.

Z a k l j u č c i :

- penetracija ispitivanih radionuklida u uslovima akutne radiokontaminacije je bila u direktnoj vezi sa količinom dospjelih radionuklida na površinu tla, pri čemu većoj ukupnoj deponovanoj količini uglavnom odgovara i veća penetracija,

- prvi sloj svih lokaliteta je zadržao prosječno oko 69%, drugi 19% a treći 12% od ukupne količine radionuklida, ali je

Tabela 1 : Vertikalna raspodjela Cs-137, Cs-134 i Ru-106

Lokalitet	Sloj /cm/	R A D I O A K T I V N O S T /Bq·kg ⁻¹ /		
		Cs-137	Cs-134	Ru-106
1	0-5	477,73	135,60	116,70
	5-10	82,55	1,76	31,00
	10-15	62,93	8,40	41,23
2	0-5	478,74	158,37	88,68
	5-10	16,59	6,10	1,25
	10-15	66,41	19,01	1,20
3	0-5	296,90	95,89	58,56
	5-10	79,76	24,64	25,32
	10-15	57,71	6,94	13,11
4	0-5	494,70	156,40	129,96
	5-10	129,82	29,14	23,16
	10-15	89,03	15,59	8,27
5	0-5	376,19	110,30	87,10
	5-10	96,72	26,15	80,52
	10-15	35,67	8,71	7,06
6	0-5	482,69	157,32	92,12
	5-10	42,67	6,42	38,89
	10-15	7,75	5,44	9,48
7	0-5	426,35	125,64	107,22
	5-10	65,36	7,14	2,02
	10-15	14,90	1,59	1,95
8	0-5	282,47	59,04	82,45
	5-10	55,85	6,96	37,73
	10-15	12,53	3,57	11,98
9	0-5	418,85	97,68	182,88
	5-10	164,98	8,03	20,53
	10-15	84,86	9,68	11,25
10	0-5	839,15	236,73	162,40
	5-10	339,26	73,71	130,27
		214,73	45,01	86,10
11	0-5	249,82	75,45	157,59
	5-10	24,51	1,92	28,32
		12,90	1,02	3,07
12	0-5	286,88	97,44	110,12
	5-10	67,14	20,80	4,18
	10-15	31,35	5,31	2,73
13	0-5	713,84	185,59	186,58
	5-10	40,57	3,72	1,91
	10-15	16,44	3,62	2,07
14	0-5	808,94	256,92	249,05
	5-10	51,82	9,21	4,02
	10-15	27,63	8,22	2,33

prisutna značajna fluktuacija napojedinim lokalitetima,

- primjetan je znatno brži proces penetracije kod sva tri ispitivana radionuklida nego što je slučaj u uslovima hronične radiokontaminacije,

- Ru-106 pokazuje dosta slične osobine cezijumskim, pa čak i nešto veću pokretljivost, mada je i tu prisutno znatno variranje.

L i t e r a t u r a :

1. Pirš M., Južnić K. : Migracija radionuklidov v tleh. XIII.Simp. JDZZ,37, Pula, 1985.
2. Petrosyants A. : The Soviet Union and the development of nuclear power. IAEA, Vol.28,3, 1986.
3. Horšić E., Disertacija, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 1980.
4. Mirković G. : Magistarski rad, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 1987.
5. Mirković G., Kljajić R., Horšić E. : Meteorological aspects of radiocontamination of soil in Bosnia and Hercegovina after the Chernobil accident. II. Yugoslav-Italian symposium : Radiation protection, Udine, 1988.

S u m m a r y

THE VERTICAL MIGRATION OF Cs-137, Cs-134 AND Ru-106 IN THE SOIL OF BiH IN ACUTE RADIOCONTAMINATION CONDITIONS

The level of concentrations of Cs-137, Cs-134 and Ru-106 in the soil of Bosnia and Hercegovina were investigated after Chernobyl accident. The obtained results indicate that vertical migration of investigated radionuclides in acute radiocontamination conditions were very clearly and directly dependant on total deposit quantity.

PORAZDELITEV Sr-90 V ZEMLJI, VODAH IN RASTLINAH IZ OKOLJA NEK V LETU 1988

Južnič K. in Fedina S.

Institut "Jožef Stefan", 61111 Ljubljana

IZVLEČEK

Aktivnosti Sr-90 so bile izmerjene v vzorcih zemlje, površinskih in podzemnih vod ter rastlinah in njihovih plodovih iz okolja Nuklearne Elektrarne "Krsko". Pri vzorcih zemlje smo dobili dosti višja razmerja A_{Sr-90}/m_{Ca} v ruši kot v orni zemlji. V podzemnih vodah so aktivnosti pod 0.2 v Savi pa od 3-9 Bq/m³. Pri rastlinah je bilo opaziti najvišja razmerja v koreninah nato v steblih in najnižja v plodovih. V večini rastlin (razen trave) so bile aktivnosti Sr-90 že na nivoju iz leta 1985 to je pred nesrečo v Cernobilu.

UVOD

Večina Sr-90 v okolju izvira iz obdobja šestdesetih let ko so intenzivno opravljali testne jedrske eksplozije. Dodatno znatno onesnaženje je sledilo nesreči v Cernobilu. Količina Sr-90, ki je bila prinešena s padavinami na področje Slovenije po nesreči v mesecu maju in juniju je znašala 420 Bq/m² (1). Zaradi ne preobilnih padavin je prišlo na travnikih do direktne absorpcije Sr-90 raztopljenega v vodi v rastline. Kontaminacija skozi korenine bi bila namreč dosti počasnejša (2). Izmenjava izotopa z zemljo je bila zaradi intenzivne rasti minimalna. V našem delu smo skušali ugotoviti razmerja aktivnosti na 8 kalcija (A_{Sr-90}/m_{Ca}) v različnih vzorcih okolja, kar bi pokazalo gibanje izotopa v zemlji, vodah ter njegov prehod v rastline.

EKSPERIMENTALNO DELO

Sr-90 smo določali po radiokemijski metodi (3), ki ima naslednje glavne stopnje: a) priprava vzorca za analizo, b) izluževanje s kislino v prisotnosti Sr-nosilca, c) separacijo Sr-Ca s kadečo solitrno kislino, f) čiščenje Sr in

separacijo Y-90, h) izolacijo Y-90 po določenem času rasti in meritve aktivnosti Y-90.

Meritve aktivnosti so bile izvršene na beta števcu z nizkim ozadjem (Camberra).

Za različne vzorce je bil postopek ustrezno prirejen in sicer v stopnjah a) in b):

1) Vzorce rastlin in njihovih delov smo najprej sežgali in nato izluževali pepel.

2) Zemljo smo izluževali z solno kislino v prisotnosti Sr-nosilca, po ločbi iz raztopine absorbirali Ca in Sr na ionskem izmenjalcu ter po eluiranju obarjali oksalate.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Aktivnosti Sr-90 v vzorcih zemlje so prikazani v Tabeli 1. Padanje aktivnosti z globino je posebno dobro razvidno pri ruši medtem ko pri pluženi zemlji tega ni opaziti. Zanimive so precej višje aktivnosti ruše v primeri z pluženo zemljo.

Table 1. Aktivnosti Sr-90 in koncentracije kalcija v vzorcih zemlje iz okolja NEK. Vzorci so bili vzeti 10. okt., 1988.

Lokacija, vzorec	Globina (cm)	Konc. Ca (g/kg)	A _{Sr-90} (Bq/kg)	A/g (Ca) (Bq/g)
Kusova Vrbina (plužena zemlja)	0-2	81.3	4.84 ± 0.3	0.059
"	2-5	87.9	3.8 ± 0.4	0.043
"	5-10	93.0	3.7 ± 0.4	0.039
Gmajnice (ruša)	0-2	58.6	20.6 ± 0.5	0.35
"	2-5	69.5	12.7 ± 0.3	0.18
"	5-10	74	7.4 ± 0.3	0.1
Amerika (ruša)	0-2	64.5	14.2 ± 2	0.22
"	2-5	72.4	12.4 ± 1	0.17
"	5-10	72.9	3.9 ± 0.5	0.053

Aktivnosti Sr-90 v vodah iz okolice NEK so podane v Tabeli 2. V vseh podzemnih in vodovodni vodi je bila aktivnost pod mejo 2 Bq/m³. V vzorcih Save se je aktivnost spreminjala od 3 do 9 Bq/m³ kar daje od 0.06 do 0.2 Bq na g kalcija.

Tabela 2. Aktivnosti Sr-90 in koncentracije Ca v vodah iz okolja NEK v letu 1988.

Vzorec, lokacija	Mesec odvzema	Konc. Ca (mg/l)	A _{Sr-90} (Bq/m ³)
Crpališče, Brege	Januar	83	< 2
Crpališče, Drnovo	Februar	73	< 2
Crpališče, Brežice	"	89.5	< 2
Crpališče, Brege	"	121.1	< 2
Zajetje, Dol. vas	Januar	89.5	< 2

Sava, NEK	"	43.9	3.9	+0.5
Sava, Brežice	"	75.5	5.8	+0.6
Sava, Brežice	"	49.8	4.9	+0.5
Sava, NEK	Februar	49	5.3	+0.4
Sava, Brežice	Marec	52.4	6.7	+0.7
Vodovod, Brežice	"	86	< 2	
Sava, Krško	"	55.9	4.9	+0.7
Sava, Jesenice	"	58.6	5.2	+0.4
Sava, Brežice	April	45.7	7.0	+0.7
Sava, NEK	"	42.9	4.3	+0.6
Sava, NEK	Maj	47.2	8.8	+0.8
Sava, Brežice	"	45.3	6.1	+0.7
Sava, Brežice	Junij	50.7	7.8	+0.8
Sava, Krško	"	49.2	6.9	+0.7
Sava, Jesenice	"	56.6	7.5	+0.8
Sava, NEK	"	45.7	7.9	+0.8
Sava, Brežice	Julij	41.4	8.1	+0.8
Sava, NEK	"	42.2	8.4	+0.9
Sava, NEK	Avgust		3.8	+0.4
Sava, Brežice	September		3.6	+0.4
Sava, Krško	"		6.4	+0.7
Sava, Jesenice	"		3.1	+0.3
Sava, NEK	Oktober		7.7	+0.8
Sava, Brežice	"		7.2	+0.7
Sava, NEK	November		7.4	+0.8
Sava, Krško	December		9.2	+0.9
Sava, Brežice	"		8.6	+0.9

V Tabeli 3 so prikazane aktivnosti Sr-90 v rastlinah in plodovih. Med rastlinami so najvišje aktivnosti najdene v travi in sicer v vzorcih s terena, kjer se običajno ne kosi. V plodovih so najvišja razmerja aktivnosti na g kalcija pri tistih, ki rastejo v zemlji in najnižja pri sadju.

Table 3. Aktivnosti Sr-90 in koncentracije kalcija v rastlinah in plodovih v letu 1988.

Vzorec, lokacija	Konc. Ca (g/kg)	A_{Sr-90} (Bq/kg)	A/g (Ca) (Bq/g)
Trava (suha), Gmajnice	8.2	20.8 ± 2	2.5
Trava, Gmajnice	7.9	14.7 ± 1.5	1.9
Solata, Brege	0.414	0.54 ± 0.06	1.3
Solata, Zadovinek	0.396	0.26 ± 0.03	0.65
Solata, Vrbina	0.372	0.43 ± 0.04	1.1
Solata, Pesje	0.397	0.54 ± 0.06	1.3
Crni ribez, Leskovec	0.37	0.20 ± 0.03	0.54
Rdeči ribez	0.26	0.06 ± 0.02	0.23
Jabolka(2), AKK	0.073	0.03 ± 0.02	0.41
Jabolka(3), AKK	0.040	0.014 ± 0.01	0.35
Jabolka(4), AKK	0.048	0.017 ± 0.01	0.35
Hruške, AKK	0.13	0.09 ± 0.02	0.69
Hruške, Leskovec	0.12	0.02 ± 0.01	0.16

Jagode, Zadovinek	0.14	0.18 ± 0.03	1.3
Stročji fižol, Brege	0.95	1.3 ± 0.2	1.36
Stročji fižol, Vrčina	0.53	0.26 ± 0.03	0.49
Peteršilj (zeleni d) Pesje	1.7	0.7 ± 0.06	0.41
Peteršilj (koren) Pesje	0.53	0.64 ± 0.05	1.2
Korenje, Brege	0.40	0.79 ± 0.05	1.9
Korenje, Pesje	0.36	1.0 ± 0.1	2.7
Krompir, Vrčina	0.1	0.04 ± 0.01	0.4
Hmelj (suh)	1.63	2.26 ± 0.25	1.3
Cebula, Pesje	0.51	0.81 ± 0.1	1.58
Cebula, Zadovinek	0.39	0.33 ± 0.4	0.84
Paradižnik, Pesje	0.11	0.05 ± 0.01	0.45
Paradižnik, Brege	0.11	0.18 ± 0.03	1.6
Pšenica, Pesje	0.36	0.39 ± 0.04	1.1
Pšenica, Mrtvice	0.31	0.24 ± 0.03	0.77
Pšenica, Zadovinek	0.39	0.32 ± 0.03	0.86
Ječmen, Vrčina	0.37	0.44 ± 0.05	1.2
Koruza, Vrčina	0.1	0.15	1.5

Razen za travo lahko rečemo za večino pridelkov, da je vsebnost Sr-90 praktično na istem nivoju kot leta 1985, torej pred nesrečo v Cernobilu (4).

REFERENCES

- 1) K. Južnič, S. Fedina, J. Environ. Radioactivity, 5 (1986) 159-163.
- 2) C. W. Francis, Radiostromium Movement in Soils and Up-take in Plants, Tech. Inform. Center, U.S. Dept. of Energy (1989).
- 3) K. Južnič, S. Fedina, Fresenius Z. Anal. Chem. 323, (1987) 261-263.
- 4) K. Južnič, P. Stegnar, M. Korun, U. Miklavžič, Vestn. Slov. Kem. Društ., 34 (1987) 414-422.

ABSTRACT

Activities of Sr-90 in the samples of soil, waters, plants and fruits from the environment of "Krško" Nuclear Power Plant, measured in 1988, are given. In the soil activities were much higher in turf than in ploughed land. Activity of underground waters was below 0.2 and in Sava river water from 3 to 9 Bq/m³. Except for the grass, the activity of agricultural produce observed was practically on the same level as in 1985, that is before the Chernobyl accident.

G.Pantelić, R.Brnović

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

**TRANSFER I DISTRIBUCIJA $^{134+137}\text{Cs}$ U ZEMLJIŠTU I BILJKAMA U
SR SRBIJI U PERIODU 1986-1988.god.**

Kratak sadržaj: U radu su prikazani rezultati merenja aktivnosti $^{134+137}\text{Cs}$ u zemljištu sa različitim dubina (neobradivom i obradivom) i u različitim vrstama biljaka (lisnato i korenasto povrće, plodovi povrća, voće, žitarice i stočna hrana), u SR Srbiji za period 1986-88 god. Utvrđeni su migracioni odnosi za $^{134+137}\text{Cs}$ u neobradivom zemljištu u toku ovog vremenskog perioda i oni za 1988 god. u srednjem iznose 55%, 29%, 16%, respektivno za dubine 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm. Takođe je utvrđeno da je aktivnost $^{134+137}\text{Cs}$ u 1988 god. opala u lisnatom povrću 950 puta, u žitaricama 60 puta, u povrću 2264 puta, u voću 32 puta u odnosu na 1986 god.

Uvod:

Zemljište je osnovna sredina za migraciju radionuklida u biljke, odakle ovi preko biljne ishrane dospevaju do čoveka ili životinja. Ono predstavlja dinamičan mikrosistem pogodan za jonsku izmenu elemenata, njihovu fiksaciju ili apsorpciju u biljke. Vrsta zemljišta utiče na raspodelu radionuklida u samom zemljištu a takođe i na transfer istih u biljke.

U ovom radu su prikazani rezultati merenja u okviru programa sprovođenja mera zaštite od jonizujućeg zračenja na teritoriji SR Srbije i SAP Vojvodine. Ispitivanje aktivnosti uzoraka zemljišta i biljaka vršeno je za regione : Beograd, Niš, Titovo Užice, Zaječar, Novi Sad i Subotica u prolećnom i jesenjem periodu.

Metode uzorkovanja i merenja :

Sakupljanje uzoraka vršeno je u neobradivom zemljištu sa dubina 0-5 cm, 5-10 cm i 10-15 cm i u obradivom zemljištu sa dubina 0-10 cm, 10-20 cm i 20-30 cm na određenim lokacijama u svim regionima. Uzorci zemlje su očišćeni od biljnog materijala i kamenja, osušeni na 110°C , samleveni, prosejani i stavljeni u Mar-

neli posude u kojima je vršeno merenje.

Uzorci povrća, voća, zitarica i stočne hrane su osušeni u sušnici i isitnjeni, a zatim takođe stavljeni u Marineli posude, za koje je izvršena odgovarajuća kalibracija uređaja. Sadržaj radionuklida je određivan na HP-Ge detektoru koji je povezan sa 8000 kanalnim analizatorom firme "ORTEC".

Rezultati i diskusija :

Srednje vrednosti rezultata merenja aktivnosti ^{134}Cs i ^{137}Cs u SR Srbiji za obradivo i neobradivo zemljište prikazani su u tabeli 1. Analizirajući rezultate u periodu 1986-88 god. došli smo do zaključka da je ovaj element migrirao u neobradivom i obradivom zemljištu do dubine veće od 30 cm. Za neobradivo zemljište migracioni odnosi u 1988 za $^{134+137}\text{Cs}$ iznose 55%, 29%, 16%, respektivno za dubine 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, a za obradivo zemljište 96%, 29%, 35%, respektivno za dubine 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Na osnovu prvog rezultata može se zaključiti da doiazi do transfera $^{134+137}\text{Cs}$ u dublje slojeve (u 1986 taj odnos je bio 88,8%, 5,7%, 5,5%), a da je u obradivom zemljištu njihova aktivnost ravnomerno raspoređena.

Uzorci biljne ljudske i stočne hrane podeljeni su u nekoliko grupa :

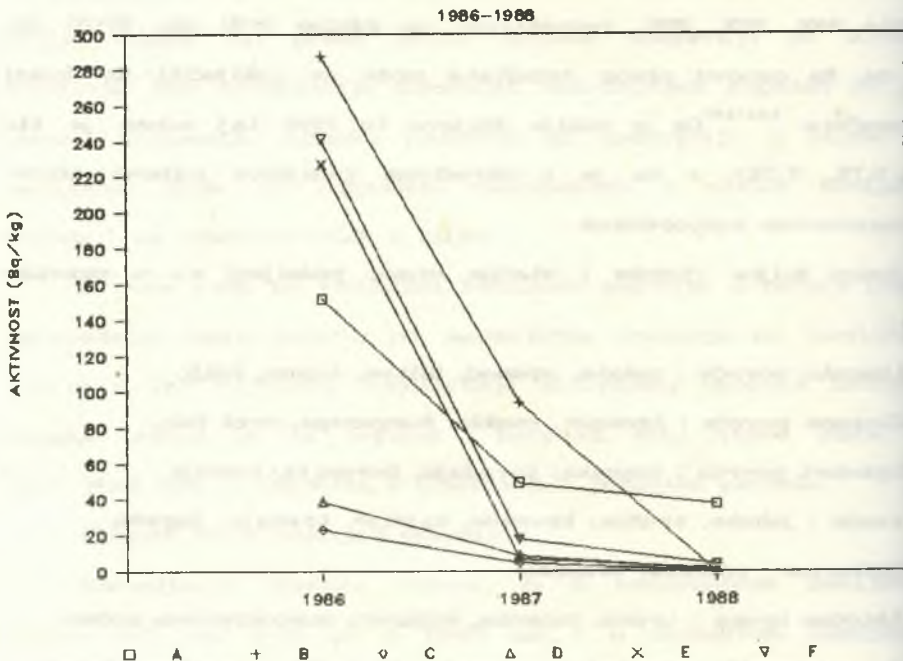
1. lisnato povrće : salata, spanać, blitva, kupus, kelj;
2. koreno povrće : krompir, cvekla, šargarepa, crni luk;
3. plodovi povrća : paprika, paradajz, boranija, pasulj;
4. voće : jabuke, kruške, breskve, kajsije, trešnje, jagode;
5. zitarice : pšenica, brašno;
6. stočna hrana : trava, lucerka, kukuruz, suncokretova sačma.

Srednje vrednosti rezultata merenja u ovim uzorcima hrane i neobradivom zemljištu 0-5 cm prikazani su na grafiku 1.

TABELA 1 : 134+137 Cs u uzorcima zemlje u SR Srbiji (Bq/kg)

NEOBRAĐIVA ZEMLJA						
	DUBINA (cm)	1986	proleće 1987	jesen 1987	proleće 1988	jesen 1988
Cs-134	0-5	50.91	7.86	17.55	8.88	6.30
	5-10		2.57	9.67	4.12	3.27
	10-15		2.16	2.40	2.57	0.23
Cs-137	0-5	151.62	21.32	76.95	43.34	31.36
	5-10		12.41	27.24	22.17	16.62
	10-15		8.16	16.58	15.42	10.44
OBRAĐIVA ZEMLJA						
Cs-134	0-10		8.38	2.06	4.36	3.49
	10-20		1.52	4.84	2.50	3.05
	20-30		0.64	3.45	3.27	2.66
Cs-137	0-10		25.00	12.69	14.39	18.17
	10-20		9.18	14.52	15.13	14.33
	20-30		24.29	9.97	16.23	17.95

GRAFIK 1 : Cs-137 u zemlji i biljkama u SR Srbiji



A-zemlja 0-5 cm,
B-lisnato povrće,
C-koreno povrće,

D-plodovi povrća i voća,
E-žitarice,
F-stočna hrana.

Na osnovu dobijenih rezultata se vidi da je aktivnost ^{137}Cs opala u lisnatom povrću 950 puta, u zitaricama 60 puta, u povrću 2264 puta, u voću 32 puta u odnosu na 1986 godinu.

Zaključak :

Na osnovu dobijenih rezultata merenja vidi se da je trend aktivnosti $^{134+137}\text{Cs}$ u zemljištu i biljkama značajno smanjen u 1988 god. u odnosu na 1986 god. kada je bio akcident u Černobilu.

Abstract :

XV Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Priština,

6.-09.june 1989

G.Pantelić, R.Brnović

Institute of occupational Health and Radiological Protection

"Dr Dragomir Karajović", Belgrade, Deligradska 29

TRANSFER AND DISTRIBUTION OF $^{134+137}\text{Cs}$ IN THE SOIL AND PLANTS IN SR SERBIA FOR PERIOD 1986-1988

The paper presents results of activity measurements of $^{134+137}\text{Cs}$ in the soil from various depths (uncultivated and cultivated) and in various sorts of plants (leafy and root vegetables, fruit bearing vegetables, fruits, crops and animal feeds) in SR Serbia for period 1986-1988. Transfer relations for $^{134+137}\text{Cs}$ in uncultivated soil during the same period are determined. These values are 55%, 29%, 16% for depths 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm respectively for 1988. It is also found that $^{134+137}\text{Cs}$ activity for 1988 decreased in leafy vegetables 950 times, in crops 60 times, in vegetables 2264 times, in fruits 32 times compared with 1986 year.

Literatura :

1. Hajduković D., Brnović R., Vukotić M., Mijatović Lj. :

Radioaktivna kontaminacija životne sredine u SR Srbiji nakon akcidenta u Černobilu, II Savetovanje o izlaganju zračenju iz prirodne sredine, Kragujevac 6-8 oktobra 1986 god.

2. Brnović R., Vukotić M., Mijatović Lj., Hajduković D. :

Interna izloženost radioaktivnoj kontaminaciji stanovništva u SR Srbiji putem ishrane posle Černobilske havarije, XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 8-10 jun 1987 god.

3. Radioaktivnost životne sredine u SR Srbiji

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, 1986, 1987

4. Radioaktivnost životne sredine u SAP Vojvodini

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, 1986, 1987

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
PRIŠTINA, 6. -9. JUN 1989.GOD.

**DISTRIBUCIJA OLOVA-210 I RADIJUMA-226 U RAZLIČITIM
TIPOVIMA ZEMLJIŠTA**

Lj.Mijatović, M.Vukotić

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

Kratak sadržaj :

Tokom više godina radena je serija analiza sadržaja olova-210 i radijuma-226 po pojedinim dubinskim profilima u različitim tipovima obradivog i neobradivog zemljišta. Cilj rada je bio da se izmeri distribucija ovih radionuklida po dubini, kao i njihove eventualni međusobni odnos radi procene veličine njihove pokretljivosti. Ove informacije su važne radi predviđanja veličine unošenja ovih radionuklida u rastinje.

Rezultati i diskusija :

Na tabeli 1 dati su bazični podaci o dubini uzorkovanja, tipu zemljišta, aktivnosti zemljišta po jedinici težine i aktivnosti po jedinici površine.

Na graficima 1 do 3 prikazana je vertikalna raspodela olova-210 i radijuma-226 u različitim tipovima zemljišta.

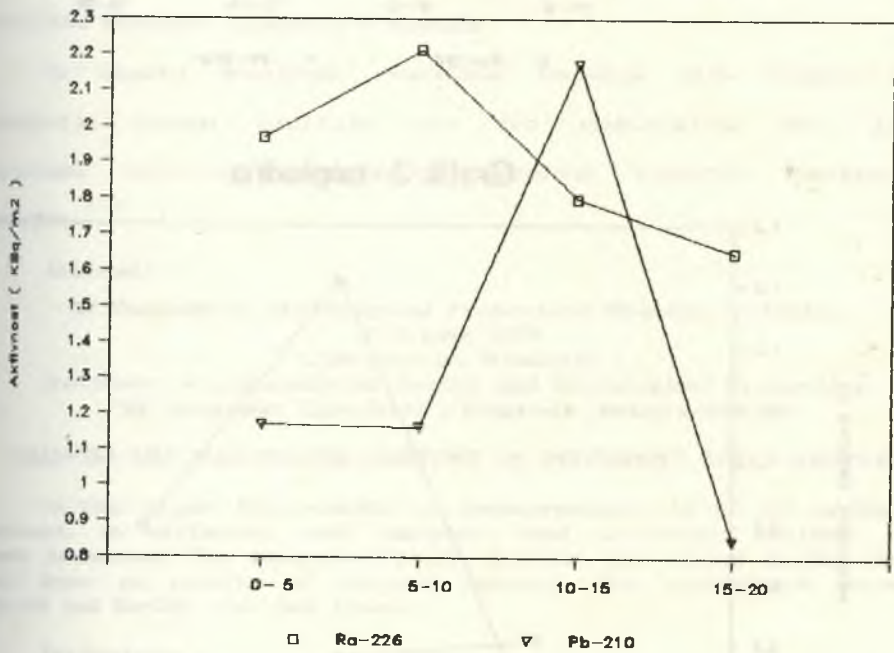
Sadržaj olova-210 kretao se u opsegu od 2,20 do 16,60 Bq/kg suve težine. Distribucija po vertikali pokazuje istovetni trend: maksimalna koncentracija se nalazi u površinskom sloju 0-5 cm dubine. Ova koncentracija se po pravilu smanjuje sa povećanjem dubine. Uzroci nakupljanja ("viška") olova-210 u gornjim slojevima zemljišta su posledica različitih faktora : intenzivno deponovanje preko padavina tečnih i čvrstih iz atmosfere (prirodni fall-out), zatim nakupljanje produkata raspada radona vezano za smanjenje mogućnosti prelaska radona i potomaka u atmosferu pri padanju taloga, i na kraju nakupljanje radionuklida rastinjem iz zemljišta.

Izuzetno, maksimalna koncentracija olova-210 nadena je u sloju 10-15 cm dubine kod obradivog zemljišta tipa crnice. Ovo je

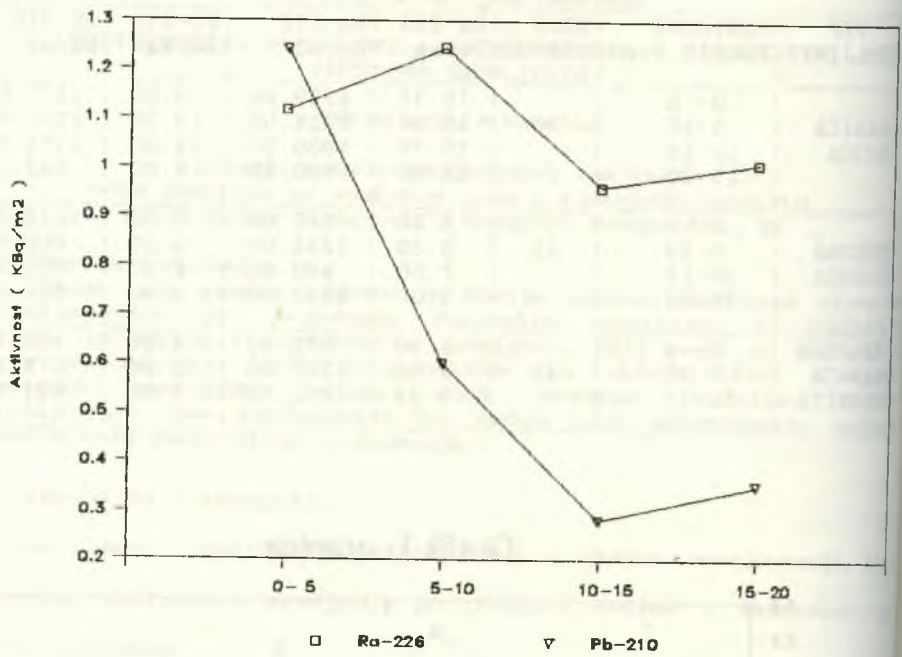
TABELA 1 :

TIP ZEMLJISTA	DUBINSKI PROFIL (cm)	BROJ OBR. UZ	Ra-226 Bq/kg	Ra-226 Bq/m ²	Pb-210 Bq/kg	Pb-210 Bq/m ²
ORANICA CRNICA	0- 5	36	15.15	1969.50	9.00	1170.00
	5-10		16.90	2214.00	10.20	1162.80
	10-15		15.70	1800.00	16.60	2174.60
	15-20		15.60	1650.20	8.00	848.00
PEŠKUSA GLINUSA	0- 5	10	8.10	1117.80	9.00	1242.00
	5-10		8.30	1245.00	4.00	600.00
	10-15		7.50	960.80	2.20	281.60
	15-20		8.00	1010.00	2.80	352.80
NEPLODNA SLANACA BUSOVITA	0- 5	16	3.90	573.30	4.80	705.60
	5-10		6.54	1308.00	3.20	675.20
	10-15		5.99	892.50	3.50	521.50

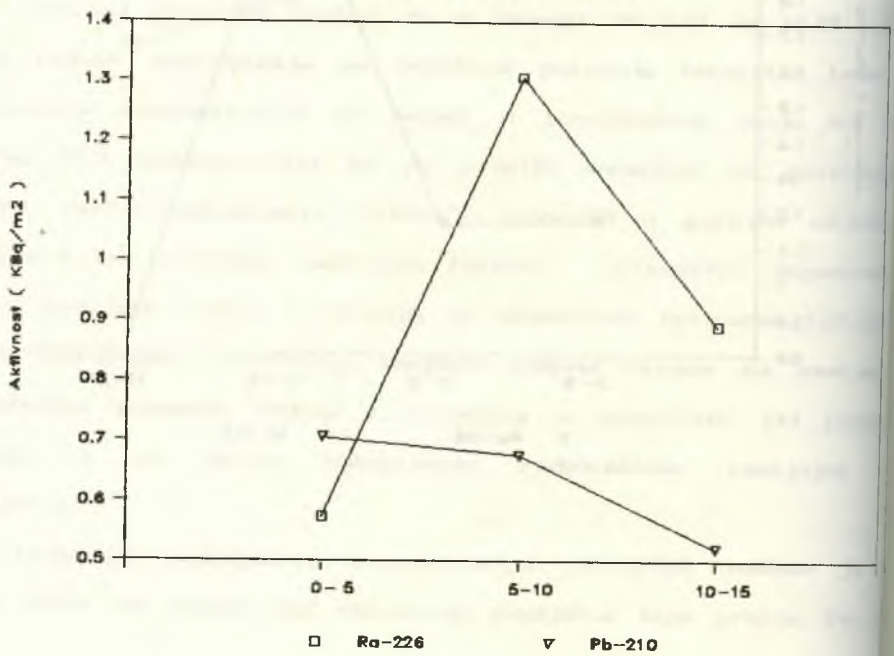
Grafik 1: oranica



Grafik 2 : pøskusa



Grafik 3 : neplodna



verovatno posledica preraspodele u sistemu zemljište-rastinje. Naime, mobilnost nekog elementa ne zavisi samo od hemijskih i fizickohemijskih osobina samog elementa (kao što su valentnost, topivost, apsorpciona energija jona), već i od pH samog zemljišta. Apсорpcija olova raste sa rastućim pH (4,6 do 6,5) jer topivost drugih teških metala opada sa porastom pH.

Sadržaj radijuma-226 kretao se u opsegu od 3,9 do 16,9 Bq/kg. Distribucija po vertikalni razlikuje se bitno od distribucije olova-210, naime on je uglavnom uniformno distribuiran po dubini. Razlike u sadržaju po dubinskim profilima su posledica samo različitih tipova zemljišta, nema dodatnog spoljnog izvora radionuklida iz atmosfere.

Najveće koncentracije radijuma-226 nadene su u obradivom zemljištu (crnici), najmanje u slanači.

Na osnovu dobijenih rezultata merenja nije moguće naći korelaciju između sadržaja ova dva radionuklida, što je i očekivano obzirom na njihovo delimično različito poreklo u zemljištu.

Abstract :

XV Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Priština
6.-9. June 1989

Lj.Mijatović, M.Vukotić

Institute of Occupational Health and Radiological Protection
"Dr Dragomir Karajović", Belgrade, Deligradska 29

LEAD-210 AND RADIUM-226 CONTENT IN DIFFERENT SOILS SAMPLES

In this paper the results of measurements of Pb-210 and Ra-226 content, in different soil samples (and different depths) have been presented. The maximum Pb-210 content was found in the upper soil layer as results of natural fall-out. The correlation between Pb-210 and Ra-226 was not found.

Literatura :

1. Radioaktivnost životne sredine u SR Srbiji
IMR, Beograd 1982, 1983, 1984, 1985

2. Radioaktivnost životne sredine u SAP Vojvodini
IMR, Beograd 1982, 1983, 1984, 1985

USPOREDBA PRISUTNOSTI ^{137}Cs U ZRAKU I PADAVINAMA OD 1986. DO 1988. GODINE

Cesar D., Kovač J., Bauman A.

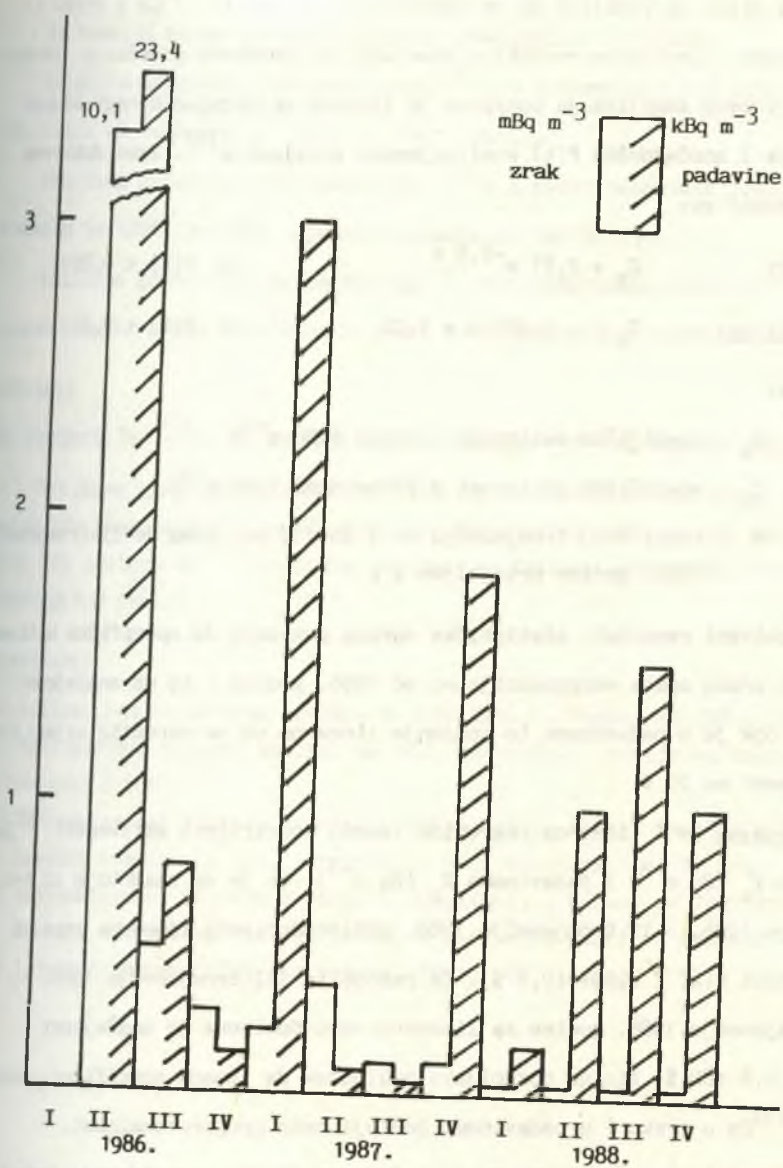
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu
Zagreb

U radu su korišteni rezultati mjerenja ^{137}Cs u prizemnom sloju zraka i padavinama s istog mjesta u Zagrebu u razdoblju od II tromjesečja 1986. godine do IV tromjesečja 1988. godine. Pokazane su zakonitosti opadanja količine ^{137}Cs u promatranom razdoblju i analizirana je veza između prisutne količine ^{137}Cs u zraku i padavinama.

Radioaktivni ^{137}Cs prisutan je stalno u zraku i padavinama od 1986. godine. Njegova prisutnost u padavinama registrirana je povremeno u manji količinama i ranijih godina (1983.-1985.)^[1-3]. Ovim radom želi se usporediti kretanje prisutnosti ^{137}Cs u zraku i padavinama od 1986. godine do 1988. godine. U radu su korišteni podaci tromjesečnih uzoraka prizemnog zraka i padavina sakupljenih na istom mjestu u Zagrebu.

Uzorci zraka sakupljeni su jedan metar iznad tla stalnim prosisavanjem kroz glass-fiber filter. Tromjesečno je prosisano oko 60000 m^3 zraka. Uzorci padavina sakupljeni su jedan metar iznad tla lijevkom površine jedan kvadratni metar, te uparavani do volumena od jednog kubičnog decimetra. Uzorci i zraka i padavina analizirani su gamaspektrometrijskom metodom pomoću Ge(Li) detektora i 4K analizatora.

Rezultati dobiveni gamaspektrometrijskom analizom su specifične aktivnosti ^{137}Cs u zraku (mBq m^{-3}) i u padavinama (kBq m^{-3}), a prikazani su na slici 1.



Slika 1. Specifične aktivnosti ¹³⁷Cs u tromjesečnim uzorcima zraka i padavina grada Zagreba od 1986. do 1988.

Na slici je vidljivo da se specifične aktivnosti ^{137}Cs u zraku i padavinama u proteklom razdoblju smanjuju uz povremena povećanja. Tendencija njihovog smanjivanja pokazana je izradom pripadajućih regresionih krivulja i značajnošću $P(t)$ koeficijenata korelacije^[4]. Tako dobivene vrijednosti su:

$$\text{za zrak:} \quad Z_z = 2,87 e^{-0,5 x} \quad \text{uz } P(t) < 0,001$$

$$\text{za padavine:} \quad Z_p = -1,004 x + 9,02 \quad \text{uz } P(t) < 0,2$$

gdje je:

Z_z = specifična aktivnost u zraku (mBq m^{-3})

Z_p = specifična aktivnost u padavinama (kBq m^{-3})

x = redni broj tromjesečja od 1 do 11, pri čemu je II tromjesečje 1986. godine pridjeljen $x = 1$

Dobiveni rezultati statističke obrade pokazuju da specifična aktivnost ^{137}Cs u zraku opada eksponencijalno od 1986. godine i to uz značajnost 0,1 %, dok je u padavinama to opadanje linearno uz ne naročito uvjerljivu značajnost od 20 %.

Urađena je i linearna regresija između specifičnih aktivnosti ^{137}Cs u zraku Z_z (Bq m^{-3}) i padavinama Z_p (Bq m^{-3}), te je za razdoblje II tromjesečje 1986. - IV tromjesečje 1988. godine dobivena linearna veza uz značajnost $P(t) < 0,001$ (0,1 %). Za razdoblje III tromjesečje 1986. - IV tromjesečje 1988. godine za linearnu vezu dobivena je značajnost $P(t) < 0,8$ (80 %) što ne dozvoljava zaključak da između specifičnih aktivnosti ^{137}Cs u zraku i u padavinama postoji neka proporcionalnost.

Ovo je indirektan dokaz da se kišonosni oblaci snabdijevaju (pune) radioaktivnim ^{137}Cs negdje na svom putu (oblikovanju - formiranju) prije nego što iz njih padne kiša, što ne znači da ne pokupe i radioaktivne čestice koje se nalaze u zraku kroz koji padaju do tla.

Na temelju svega iznesenog može se zaključiti slijedeće:

Količina prisutnog radioaktivnog ^{137}Cs u prizemnom sloju zraka smanjivala se vremenom od 1986. do 1988. godine.

Količina prisutnog radioaktivnog ^{137}Cs u padavinama smanjivala se vremenom od 1986. do 1988. godine uz značajne varijacije.

Količine prisutnog radioaktivnog ^{137}Cs u padavinama nisu bile proporcionalne onima u prizemnom zraku kroz promatrano vremensko razdoblje.

Abstract:

THE PRESENCE OF ^{137}Cs IN THE AIR AND IN FALLOUT FOR THE PERIOD 1986-1988

The paper gives the levels of ^{137}Cs in the air and in fallout measured at the same site in Zagreb from the 2nd quarter 1986 to 4th quarter 1988. The pattern of ^{137}Cs in the air and in fallout were shown for the investigated period.

Literatura:

- [1] Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1981, 1982 i 1983 godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu zaštitu, Beograd (1985).
- [2] Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1984 godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu zaštitu, Beograd (1986).
- [3] Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1985 godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo i socijalnu zaštitu, Beograd (1987).
- [4] I.Pavlić: Matematička statistika, "Privreda" Zagreb (1962).

XV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD
ZRACENJA PRISTINA, 06-09 VI.1989 GODINE

DOZE GAMA ZRACENJA (PRIRODNI FON) U LOKACIJAMA
ELEKTROPRIVREDE KOSOVA I NASELJENIM MESTIMA
OKO NJE

Sh. FAZLIU, dr. F.GASHI* i H.MORINA

SOUR ELEKTROPRIVRDA KOSOVA - PRISTINA
-RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

UNIVERZITET U PRISTINI*
PRIRODNO-MATEMATICKI FAKULTET

U v o d

Ovaj rad uzet je iz projekta "Uticaj termoelektrana "KOSOVO" na zagadjivanje životne i radne sredine. U radu su paralelno prikazani rezultati ekspanzionih i integralnih doza gama zračenja, i to u radnim sredinama koja se nalaze u neposrednoj blizini elektrana, na naseljenim mestima oko elektrana i mestima u malo većoj udaljenosti od elektrana. Isto tako, izabrali smo i četiri merna mesta za komparativna merenja koja se nalaze na udaljenosti od oko 40 km od elektrana.

Merenja su započeta u junu 1988 godine i biće nastavljena do kraja 1989.godine. Rezultati koje smo prikazali u ovom radu tiču se samo merenja jun - decembar 1988 godine.

Metodologija rada

1. Ekspanzione doze merena su monitorom tipa "Bandelin elektronik mm3" FDR, koji je veoma osetljiv i meri doze gama zračenja počev od 0-03,58-35,85 do 358,5 pA/kg.
2. Integralne doze gama zračenja na istim mestima merili smo termoluminiscentnim dozimetrima na bazi CaSO_4 proizvodnje IBK-Vinča koji su postavljeni u specijalno za to uradjenim drvenim kućicama na visini od oko 1,5 m. iznad površine zemlje. TL dozimetri su sakupljeni u određenim vremenskim intervalima (na 3 i 6 meseci) a očitavali smo ih na TLD-čitaču tipa "TOLEDO 654"-Pitman. Pre svake upotrebe odnosno korišćenja TLD vršili smo baždarenje svake pojedinačne pastile. Zbog fadinga, dozimetre smo sakupljali i očitavali istog dana.

Rezultati i diskusija

Rezultati kako ekspoziционih tako i integralnih doza prikazani su na istoj tabeli (vidi tabela 1) i za svih 33 merna mesta.

PREGLED DOZA GAMA ZRACENJA (PRIRODNI FON) U LOKACIJAMA ELEKTROPRIVREDE KOSOVA I NASELJENIM MESTIMA OKO NJE

Br. Mesto merenja	Doza pA/Kg			Doza pA/Kg		
	vani		K ₁ = Mon/TLD	unutra		K ₂ = Mon/TLD
	Monit TLD			Monit TLD		
1. Dispanz. medic. rada-EPK Obilić	1,37	1,15	1,19	1,28	1,47	0,87
2. TE "Kosovo-A" deponija pepela	1,10	1,14	0,886	-	-	-
3. TE "Kosovo-B" deponija pepela	1,44	1,44	1,00	0,01	0,06	1,17
4. Površinski Kop Dobro Selo						
a) Sistem uglja - kota: m	1,08	0,62	1,74	-	-	-
b) Sistem uglja-pumona stanica kota: 460 m	0,86	0,77	1,12	-	-	-
c) Sistem jalovine-Rotor Br.10	1,08	1,28	0,84	-	-	-
d) Na brdo kod teh.sluzbe kota: m	1,15	1,26	0,91	1,08	0,98	1,10
5. Površinski Kop Belačevac						
a) Sistem uglja, najniža etaza na nivou trake V-4	0,65	-	-	-	-	-
b) Sistem uglja najniža tač. kod rotor Br.2	0,85	0,73	1,16	-	-	-
c) Park kod zajedničkih službi kota: m	1,15	1,64	0,70	1,22	1,13	1,08
d) Ugljena jama	-	-	-	0,65	0,16	4,06
6. Park kod zajedničkih službi kod kompleksa "Energetike i hemije"	1,73	1,50	1,15	1,30	1,38	0,94
a) Blizu azotare						
b) Gazifikacija	1,15	1,14	1,01	1,15	1,16	1,00
c) Seperacija	1,37	1,17	1,17	1,62	1,44	1,12

7. Elektroprenos-Obilić zajed.sl.	1,30	1,25	1,04	1,37	0,98	1,40

8. Najbliža naseljena mesta						
a) Selo Kruševac	1,08	1,20	0,90	1,08	1,41	0,76
b) Kosovo Polje	1,37	1,26	1,09	1,44	1,52	0,95
c) Plemetin	1,44	1,70	0,85	1,37	1,59	0,86
d) Obiliq	1,37	1,38	0,99	1,37	1,56	0,88
e) Ade	1,44	2,11	0,68	1,22	1,87	0,65
f) Dobri Dub	1,15	1,24	0,93	1,15	1,15	1,00
g) Orlović	1,37	1,33	1,03	1,22	1,00	1,22

9. Naseljena mesta podalje od TE						
a) S.Bakšija kod radiopredajn.	1,66	1,95	0,85	1,73	1,72	1,006
b) Sibovac	1,30	1,41	0,92	1,44	1,59	0,90
c) Grabovac	1,30	1,80	0,72	1,30	1,79	0,73
d) Belačevac	1,37	1,17	1,17	1,80	1,09	1,65
e) Priština - Veternik	1,44	1,05	1,37	1,44	1,46	0,99
- Vinogradi	1,58	1,24	1,27	1,58	1,32	1,20
- Uranjevac	1,37	1,15	1,19	1,66	-	-

10. Merna mesta za uporedjenje						
a) Selo Suteska	1,22	1,34	0,19	-	-	-
b) Komoran (SO Glogovac) Kod radiopredajnika	1,15	1,23	0,93	1,44	1,38	1,04
c) Krpimeh (SO Podujevo)	1,44	1,03	1,40	1,37	-	-
d) Stimlje	1,30	1,23	1,06	1,08	1,19	0,19

Iz tabele se vidi da su doze gama zračenja manja na uglju (najnižim etažama uglja na površinskim kopovima) nego u neposrednoj blizini termoelektrana. Smatamo da je to tako zbog toga što uglj sadrži više beta i alfa emitera kao što su uran, radijum, torijum, kalijum i dr.

Što se više udaljavamo od elektrana u pravcu severa i severozapada doze zračenja se postepeno povećavaju jer su doze u tom regionu veće zbog kontaminiranja radioaktivnim materijama koja vode poreklo iz akcidenta u Cernobilu u 1986.god.

Kad upoređujemo rezultate koji su dobijeni monitorom sa rezultatima dobejemin TLD dozimetrima vidimo da razlika nisu velike, sem kod doza u unutrašnjosti prostorija zbog različitog građevinskog materijala.

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata možemo da lignit iz ugljenog bazena "KOSOVO" i termoelektrane "KOSOVO" na utiču na povećanje prirodnog fona gama zračenja.

Abstract

XV JUGOSLAV SYMPOSIUM ON PROTECTION FROM RADIATION PRISHTINA, 06th-09th VI.1989 GODINE

GAMMA RADIOACTIVITY (NATURAL RADIOACTIVITY) IN THE ELEKTROPRIVREDA KOSOVA AND SURROUNDING LOCATIONS

Sh. FAZLIU, dr. F.GASHI* i H.MORINA

SOUR ELEKTROPRIVRDA KOSOVA - PRISTINA
- RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

INIVERZITET U PRISTINI*
PRIRODNO-MATEMATICKI FAKULTET

Measurements of gamma radiation doses around the thermal power plants "KOSOVO" in which the lignite excavated in the nearby open-pit mines is burned were carried out by a monitor and a TL-dosemeter on basis of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$.

This paper is extracted from the project "Influence of the power plants in the environmental (indoor and outdoor) pollution, both close to the plants and nearer and further locations.

On basis of obtained results can be concluded that the lignite and the power plants do no effect the increase of the natural gamma radiation level.

Literatura:

1. Cesar D. i sur. Ekspozicione doze izmjerene termoluminiscentnim dozimetrima u SR Hrvatskoj, Zbornik radova XIII jugoslavenskog simpozija zaštite od zračenja, Pula 1985;
2. Vekić B. i sur. Merenja doze zračenja u SR Hrvatskoj, Zbornik radova XIV jugoslavenskog simpozijum za zaštitu od zračenja, Novi Sad 1987;
3. Cesar D. i sur. Usporedba ekspozicionih doza izmjerenih termoluminiscentnim dozimetrima u SR Hrvatskoj u 1986 i ranijih godina, Zbornik radova XIV jugoslavenskog simpozijuma za zaštitu od zračenja, Novi Sad 1987.

IZLOŽENOST RADNIKA RADONU 222, RADONOVIM POTOMCIMA
I GAMA DOZAMA U NEKIM NEURANSKIM RUDNICIMA

Hajduković D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" u Beogradu, Deligradska 29

Uvod

Izvršeno je istovremeno merenje koncentracija radona 222 kratkoživećih radonovih potomaka u smeši :²¹⁸Po,²¹⁴Pb,²¹⁴Bi i ²¹⁴Po i gama doze u 16 neuranskih rudnika u toku jeseni 1985.g. i to u 15 rudnika olova i cinka i jednom rudniku antimona.

Metodologija

Kontrolna merenja su obavljena i ranije u više neuranskih rudnika koji su radili u različitim uslovima i eksploatacije i ventilacije. Rezultati i zapažanja su saopštavani na ranijim simpozijumima (1 - 6) .Zadnjih godina više je uradjeno na poboljšanje uslova ventilacije i na mehanizaciji otkopavanja. Ova merenja su obavljena u kratkom vremenskom periodu u svim ovde prikazanim rudnicima, tako da su meteorološki uslovi ujednačeni kao i sezonski faktor koji utiče na emisiju radona. U svim ispitivanim rudnicima postoje približno isti uslovi ventilacije -kombinovana mehanička i prirodna ventilacija kao i slični uslovi jamske eksploatacije i načina rudarenja.

Za ispitivanja su odabrani rudnici olova i cinka: Blagodat ,Belo Brdo, Crnac, Žuta Prljina, Rudnik, Rujevac, Veliki Majdan, Lece, Novo Brdo, Kišnica ,Badovac, Ajvalija, Brskovo, Trpča ,Šuplja Stijena i antimona -Brasina.

Merenje koncentracija radona 222 u vazduhu radne sredine obavljano je scintilacionom tehnikom merenja uzoraka vazduha uzetih u scintilacione bočice ,takodje i kratkoživećih potomaka rado-

-na merenjem alfa aktivnosti na filtrima kroz koje je prosisavan vazduh pomoću prenosnih vakuum pumpi a merenje ekspoziционе gama doze -monitorom sa fotomultiplikatorom i kristalom NaJ(Tl) dim.2,5 x2,5 om. na visini od 1 metar od tla.

Odabrana su radna mesta gde rade i gde se kreću radnici, izlazne vetrene struje ,stara radilišta neventilirana gde se po pravilu nalaze veće koncentracije radona i potomaka.

Rezultati merenja

TAB.1.Koncentracije radona, radonovih potomaka i gama doza

RUDNIK	Br. mer. (n)	KONCENTRAC.RADONA 222 (Bqm ⁻³)				Srednji WL	Srednje GAMA DOZE (n Gy h ⁻¹)
		MIN	SRED	MAKS	(MAKS)		
BL-V	22	111	785	1924	4662	0,08	267
BB-L	17	222	2072	4773	4144	0,32	166
CR-L	11	148	329	444	555	0,035	101
ŽP-L	7	111	364	1332	444	0,03	262
RR-GM	28	111	536	1110	2331	0,04	320
RU-Z	16	74	617	1998	2621	0,076	159
VM-LJ	27	111	564	1036	2257	0,064	194
LE-M	21	296	3347	5698	5883	0,46	515
NB-P	12	148	1066	2849	.	0,104	215
KI-P	15	111	377	666	.	0,027	125
BA-P	12	148	187	296	.	0,012	43
AJ-P	11	111	299	666	.	0,02	116
BR-M	19	111	954	6586	.	0,054	110
TR-ST	54	111	244	777	814	0,021	86
ŠU-PR	9	74	185	222	259	0,012	261
BRA-Z	12	148	1651	3071	4144	0,28	143

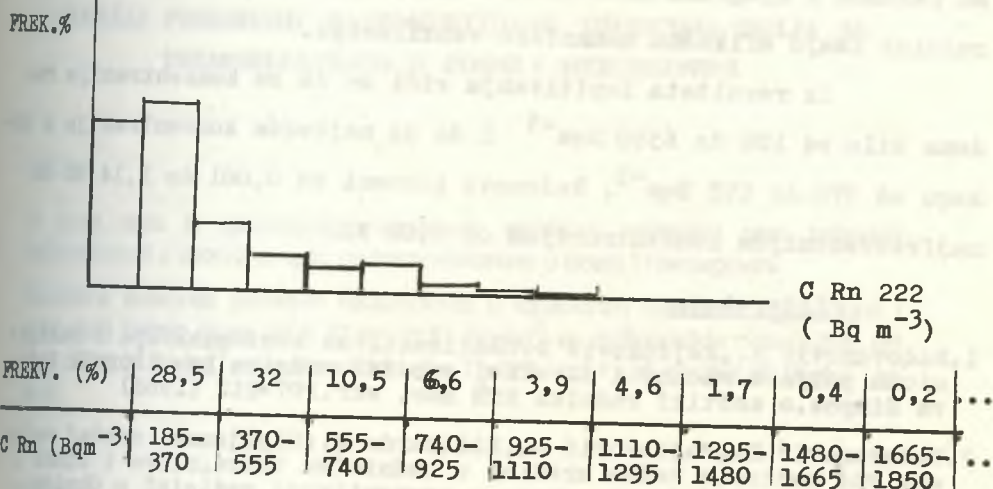
Maksimalne koncentracije radona 222 date su: izmerene na radilištima i u zagradi koncentracije koje su izmerene na ventilacionim ispustima ili napuštenim radovima.

Posebno su više koncentracije radona i potomaka u rudnici Lece -mereno odmah posle dužeg prekida rada u rudniku i ventilacijom koja je isključivana u toku merenja, Brasini - u delu jame gde

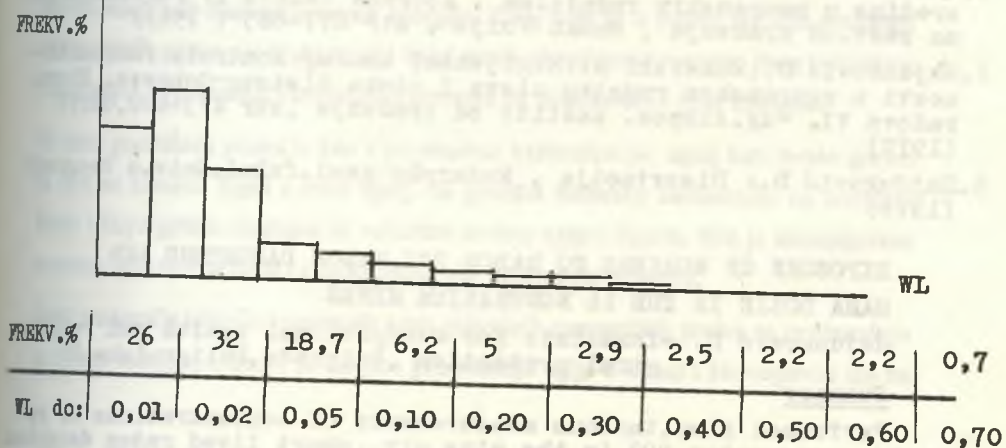
je dolazilo do zaustavljanja ventilacije. Manje razlike od rudnika do rudnika potiču i od orudnjenja ,trenutnog stanja ventilacije i aktivnosti radova- ali sve ipak na nivou statističkih varijacija.

Da bi se dobio jedan opšti utisak o nivoima koncentracija radona i radonovih potomaka mogli bi se rezultati merenja prikazati zbirno za sve ispitivane rudnike :

GRAF.1. Frekvencija koncentracija radona 222



GRAF.2. Frekvencija koncentracije potomaka radona



I na grafiku 1. i na grafiku 2 uočljivo je da je najveća frekvencija koncentracija i potomaka radona i samog radona najnižih vrednosti izmerenih Bqm⁻³ odn. WL .

Zaključak

Prilikom eksploatacije u jamama rudnika dolazi do dezintegracije rudne mase i stena, radon 222 napušta pukotine gde se duže vremena nagomilavao nastao raspadom 226 Ra. U neuranskim rudnicima ima uvek uranskih orudnjenja pa i ako nisu od značaja za eksploataciju, nalaze se u dovoljnim količinama da mogu kontaminirati jamu radonom i njegovim potomcima. Stoga je potrebno da i neuranski rudnici imaju efikasnu mehaničku ventilaciju.

Iz rezultata ispitivanja vidi se da su koncentracije radona bile od 100 do 6590 Bqm⁻³ i da je najčešća koncentracija u opsegu od 370 do 555 Bqm⁻³. Radonovi potomci od 0,001 do 1,14 WL sa najfrekventnijom koncentracijom od 0,02 WL.

Literatura

1. Radovanović R., Hajduković D.: Radioaktivna kontaminacija i radijaciona polja u radnoj i životnoj sredini rudnika Bor. Zbornik radova Simpoz. o zaštiti radnika RTB Bor, str. 207-212 (1968)
2. Radovanović R., Hajduković D., Kilibarda M.: Higijenski značaj radioaktivne kontrole radne sredine u rudnicima bakra, olova i cinka. Zbornik radova V. Jug. kongresa o preventivnoj medicini u Ohridu, str. 546-552 (1968)
3. Radovanović R., Hajduković D., Vukotić M.: Radioaktivnost radne sredine u neuranskim rudnicima. Zbornik radova IV Jug. simpozijuma zašt. od zračenja, Baško Polje, str. 677-685 (1969)
4. Hajduković D., Kunevski N.: Higijenski značaj kontrole radioaktivnosti u neuranskom rudniku olova i cinka Zletovo-Dobrevo. Zbornik radova VI. Jug. simpoz. zaštite od zračenja, str. 473-480, Ohrid (1972)
5. Hajduković D.: Disertacija, Rudarsko-geol. fakul. Univ. u Beogradu (1976)

EXPOSURE OF WORKERS TO RADON 222, RADON DAUGHTERS AND GAMMA DOSIS IN THE 16 NONURANIUM MINES

Hajduković D. - Institute for occupational health and radiological protection, Belgrade, Deligradska 29

Summary

Performed simultaneous measurements of concentrations of radioactive gas radon 222 in the mine air, short lived radon daughters and gamma exposure dosis in the 16 nonuranium mines, 1985 .y.

Give values moving for radon 222 from 100 to 6596 Bqm⁻³, radon daughters from 0.001 to 1.14 WL and gamma dosis from 20 to 800 nGy h⁻¹.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA PRIŠTINA, 06-09. VI. 1989.

Mihalj A., Kljajić R., Samek D., Milošević Z., Horšić E.

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta

Sarajevo, V.Putnika 134.

SADRŽAJ PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA UGLJA SA TERMoeLEKTRANA U BOSNI I HERCEGOVINI

REZIME

U ovom radu je gamaspektrometrijskom analizom odredjen nivo prirodne radioaktivnosti u uzorcima uglja sa termoelektrana u Bosni i Hercegovini.

Specifične aktivnosti prirodnih radionuklida u ispitivanim uzorcima uglja (lignit i mrki ugalj) kretale su se od 3,70 do 28,81 Bq kg⁻¹ za radionuklide niza U-238, od 4,50 do 38,07 Bq kg⁻¹ za radionuklide niza Th-232 i od 11,36 do 252,39 Bq kg⁻¹ za K-40.

UVOD

Razvoj modernih tehnologija i novih industrijskih kapaciteta usloveli su neophodnost iskorištavanja svih dostupnih izvora energije. Zbog toga se u svijetu sve više smanjuju zalihe fosilnih goriva pri čemu ugalj i dalje ostaje glavni izvor energije zbog poteškoća (tehnoloških, ekonomskih i socijalnih) prelaska na nove izvore i vrste energije.

Po svom genetskom porjeklu kao i po stepenu karbonizacije, ugalj kao čvrsto gorivo se djeli na kameni, lignit i mrki ugalj. Sa gledišta rudarske ekonomike na teritoriji Bosne i Hercegovine značajna su nalazišta mrkog uglja i lignita, dok je zastupljenost kamenog uglja veoma mala i eksploatacija nije ekonomski isplativa.

Ugalj predstavlja jednu od osnovnih vrsta prirodnih energetskih goriva za proizvodnju električne energije. Oko 50 % ukupne proizvodnje uglja u Bosni i Hercegovini ide za

proizvodnju električne energije u termoelektranama.

Kopanjem uglja radioaktivnost sadržana u njemu se preraspoređuje iz dubine ugljenih slojeva, gdje nije bitno uticala na ljude i biosferu i deponuje se na površini zemlje gdje može bitno promijeniti količinu radioaktivnosti i radioekološku sliku životne sredine i uticati na radiokontaminaciju i ozračivanje ljudi.

MATERIJAL I METODE RADA

Za analizu radioaktivnosti uzeti su uzorci uglja sa 4 postojeće termoelektrane na uglju u Bosni i Hercegovini: TE" Gacko", TE" Kakanj", TE" Tuzla" i TE" Ugljevik".

Uzorci uglja za laboratorijska mjerenja nivoa prirodne radioaktivnosti uzimani su iz navedenih termoelektrana u jesen 1987. i proljeće 1988. godine. Sakupljanje je vršeno direktno u termoelektranama sa linije otpreme za kotao. Uzorci su usitnjeni, homogenizirani i osušeni do konstantne težine, te vagani u posudice od PVC čiji je prečnik odgovarao prečniku kristala detektora, pri čemu je geometrija mjerenja bila identična sa geometrijom pri baždarenju detektora sa referentnim izvorima.

Za laboratorijska gamaspektrometrijska mjerenja specifične aktivnosti u uglju korišten je Ge(Li) detektor sa 4000 kanalnim analizatorom, pisacem i pripadajućom elektronikom, proizvodnje firme EGG-ORTEC, USA, relativne efikasnosti 16 % i rezolucije 2,1 keV.

Radioaktivnost U-238 i Th-232 u ispitivanim uzorcima određena je iz foto vrhova njihovih potomaka (za U-238: Ra-226, Pb-214 i Bi-214 a za Th-232: Ac-228 i Tl-208) uz pretpostavku da su potomci raspada ova dva prirodna radioaktivna niza u ravnoteži sa U-238 i Th-232. Pored radionuklida niza U-238 i Th-232 određen je i K-40, kao jedan od najrasprostranjenijih prirodnih radioaktivnih elemenata.

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Uglj kao i većina prirodnih materijala sadrži tragove prirodnih radionuklida. Koncentracije prirodnih radionuklida u uglju su općenito nešto niže od onih u zemljinoj kori, međutim, ponekad se mogu naći i veće koncentracije urana u

različitim slojevima uglja što je rezultat izlučivanja urana iz uranom bogatih vulkanskih stijeva. Visoke koncentracije urana su obično izuzetak i pojavljuju se najčešće u niskokaliričnim ugljenim slojevima (1).

Prema literaturnim podacima sadržaj prirodnih radionuklida u različitim vrstama ugljeva kreću se od 3-530 Bq kg⁻¹ za U-238, od 3-320 Bq kg⁻¹ za Th-232 i od 0,7-520 Bq kg⁻¹ za K-40 (2,3).

Tabela 1. Sadržaj prirodnih radionuklida u uzorcima uglja sa termoelektrana

Radioaktivni niz	Radionuklid	Aktivnost Bq kg ⁻¹			
		Kakanj	Ugljevik	Gacko	Tuzla
Niz U-238	Ra-226	28.21+2.26	27.07+2.77	12.30+3.80	3.70+1.96
	Pb-214	24.83+2.22	25.92+3.53	9.05+2.16	3.95+1.97
	Bi-214	26.16+2.77	26.14+4.33	9.31+4.09	4.25+2.38
Niz Th-232	Ac-228	26.85+4.06	38.07+7.24	5.28+2.61	18.35+2.89
	Tl-208	29.16+3.44	32.99+5.25	4.50+2.01	15.35+3.67
Prirodni kalijum	K-40	252.39+24.27	158.14+28.87	11.36+3.68	113.46+25.06

Naši eksperimentalni nalazi nivoa aktivnosti (tabela 1.) za ispitivane vrste ugljeva (lignit i mrki ugalj) sa termoelektrana u Bosni i Hercegovini se kreću u rasponu od 3,70 Bq kg⁻¹ (TE" Tuzla") do 28,81 Bq kg⁻¹ (TE" Kakanj") za radionuklide niza U-238, te od 4,50 Bq kg⁻¹ (TE" Gacko") do 38,07 Bq kg⁻¹ (TE" Ugljevik") za radionuklide niza Th-232 i od 11,36 Bq kg⁻¹ (TE" Gacko") do 252,39 Bq kg⁻¹ (TE" Kakanj") za K-40.

Prosječne vrijednosti nivoa aktivnosti u ugljevima koje koriste sve 4 termoelektrane u Bosni i Hercegovini su za svakog člana niza U-238 oko 16 Bq kg⁻¹, za članove niza Th-232 oko 21 Bq kg⁻¹ i za K-40 oko 133 Bq kg⁻¹.

Upoređujući naše eksperimentalne podatke sa iznesenim literaturnim podacima uočljivo je da se one kreću u okviru tih podataka.

ZAKLJUČAK

- U svim ispitivanim uzorcima uglja sa termoelektrana dokazano je prisustvo radionuklida niza U-238, Th-232 i K-40.
- Izmjerene koncentracije prirodnih radionuklida uranovog i torijevog niza te K-40 u uzorcima uglja kretale su se od 3,70 do 252,39 Bq kg⁻¹. Koncentracije se nalaze u okviru prosječnih vrijednosti za svjetske ugljeve.

ABSTRACT

CONTENTS OF NATURAL RADIONUCLIDS IN COAL SAMPLES FROM THERMOPOWER STATIONS IN BIH

In this work, the level of natural radioactivity in coal samples from thermopower stations in BiH was defined by gamma spectrometry analysis.

Specific activities of natural radionuclids in examined coal samples (lignite and brown coal) ranged from 3,70 to 28,81 Bq kg⁻¹ for radionuclids of U-238 series, from 4,50 to 38,07 Bq kg⁻¹ for radionuclids of Th-232 series and from 11,36 to 252,39 Bq kg⁻¹ for K-40.

LITERATURA

1. **GRAMOV B.V.:** Uvedenije v chimicheskiju tehnologiju urana, *Atomizdat*, Moskva, 1980.
2. **Marović G. i Bauman A.:** Radioaktivnost termoelektrana na ugljen, *Kem.ind.*, 35(8), 427, 1986.
3. **Mihalj A.:** Radioaktivnost u okolini termoelektrana na ugalj u Bosni i Hercegovini, *Magistarski rad*, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1988.

PRIRODNI RADIONUKLIDI U ŠLJAKAMA I PEPELIMA IZ TERMoeLEKTRANA NA UGLJEN

Barišić, D. i Lulić, S.

OOOR Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Bijenička 54,
41000 Zagreb

Sažetak

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja specifične aktivnosti ^{40}K , ^{235}U i ^{238}U u šljakama i pepelima koji nastaju u termoelektranama nakon izgaranja ugljena. Uočeno je da koncentracije urana u analiziranim krutim produktima izgaranja ugljena veoma variraju. Pepero i šljaka iz termoelektrana na ugljen obično se nekontrolirano odlažu u okolinu ili se koriste u industriji građevinskog materijala (pogotovu kao dodaci cementima). Rezultati upućuju na potrebu sustavnog praćenja sadržaja urana u krutim produktima izgaranja ugljena prije njihovog eventualnog korištenja u industriji građevinskog materijala kao i rješavanje problema njihovog odlaganja zbog mogućeg štetnog djelovanja na okoliš. Obzirom na visok sadržaj urana u pojedinim uzorcima, smatramo da ih je potrebno tretirati prvenstveno kao visokovrijedne sirovine za dobivanje urana a tek sekundarno kao radioaktivan industrijski otpad.

Uvod

Ispitivanja koncentracija prirodnih radionuklida u ugljenima i čvrstim produktima izgaranja ugljena već se duže vremena provode u svijetu i u našoj zemlji (1-5). Koncentracije urana u ugljenima veoma variraju krećući se od < 1 ppm do ekstremnih 6000 ppm (3). Ugljeni prosječno sadržavaju 3-4 ppm torija uz česta višestruka odstupanja od navedenih vrijednosti.

U procesu izgaranja ugljena, radionuklidi sadržani u njemu raspoređuju se na šljaku i pepero ili se uključuju direktno u dimne plinove. Termoelektrane na ugljen stoga predstavljaju veoma značajne zagadivače okoline prirodnim radionuklidima (4,6,7). Ugradnjom elektrofiltera, emisija prirodnih radionuklida u okoliš se smanjuje pošto se radionuklidi uglavnom zadrže u šljaci ili elektrofilterskom pepelu (4).

Negativan utjecaj odlagališta šljake i pepela iz termoelektranskih postrojenja na radioaktivnost površinskih voda potvrđen je i u našoj zemlji (8). Šljaka i pepero iz ter-

moelektrana koriste se u industriji građevinskih materijala, pogotovo u cementnoj industriji kao dodaci cementima u svrhu poboljšavanja vezivih svojstava cementa.

Metoda i rezultati mjerenja

Mjerenje specifične aktivnosti ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U i ^{238}U u uzorcima šljake i pepela iz termoelektrana na ugljen provedeno je gamaspektrometrijskom metodom na sistemu Ge(Li) detektor - 4096 kanalni analizator "Canberra". Vrijeme mjerenja pojedinog uzorka iznosilo je od 10000 do 60000 sekundi ovisno o količini i radioaktivnosti uzorka. Specifična aktivnost ^{232}Th određena je preko ^{228}Ac , a ^{238}U na osnovi prirodnog nosa aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (0,04604), preko ^{235}U (9). Vremena poluraspada korištena gama energije i njihovi intenziteti za mjerene radionuklide dati su u Tablici 1.

Tablica 1. Vremena poluraspada ($t/2$), korištene gama energije (E_γ) i njihovi intenziteti (I)

Radionuklid	$t/2$	E_γ (KeV)	I (%)**
^{40}K	$1,27 \times 10^9$ godina	1460,7	10,7
^{228}Ac	6,13 sati	911,1	29
^{235}U	$7,038 \times 10^8$ godina	185,7	54

** Ref. (10)

Rezultati određivanja specifične aktivnosti ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U i ^{238}U u mjenjenim uzorcima prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Specifična aktivnost ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U i ^{238}U u uzorcima šljake i pepela iz termoelektrana na ugljen

Uzorak	Specifična aktivnost (Bg/kg)			
	^{40}K	^{232}Th	^{235}U	^{238}U
1	2	3	4	5
1.	118 ± 15	23 ± 2	28 ± 1	610 ± 16
2.	350 ± 9	55 ± 1	59 ± 1	1286 ± 9
3.	277 ± 27	39 ± 4	50 ± 1	1088 ± 27
4.	241 ± 24	41 ± 4	41 ± 1	884 ± 23
5.	332 ± 33	69 ± 5	66 ± 2	1442 ± 35
6.	197 ± 23	30 ± 3	23 ± 1	489 ± 18
7.	256 ± 28	43 ± 4	54 ± 1	1171 ± 29

Tablica 2. (nastavak)

1	2	3	4	5
8.	267 ± 14	34 ± 2	65 ± 1	1416 ± 23
9.	193 ± 11	34 ± 2	70 ± 1	1520 ± 21
10.	157 ± 8	27 ± 1	6 ± 1	131 ± 6
11.	188 ± 12	28 ± 2	50 ± 1	1075 ± 20
12.	205 ± 21	37 ± 3	5 ± 1	104 ± 9
13.	275 ± 41	57 ± 6	161 ± 4	3493 ± 97
14.	259 ± 14	61 ± 2	175 ± 2	3804 ± 42
15.	213 ± 40	73 ± 6	165 ± 5	3590 ± 98
16.	230 ± 14	63 ± 2	179 ± 2	3902 ± 35
17.	308 ± 34	75 ± 5	148 ± 3	3211 ± 76
18.	331 ± 37	47 ± 5	165 ± 4	3591 ± 82
19.	291 ± 43	76 ± 7	131 ± 4	2847 ± 90
20.	218 ± 40	62 ± 6	136 ± 4	2952 ± 84
Srednjak	245,3	48,7	88,9	1930,3

Diskusija i zaključak

Iz rezultata prikazanih u Tablici 2. vidljivo je da su koncentracije ^{40}K u mjerenim uzorcima ujednačene. One se kreću uglavnom ispod prosječnih vrijednosti koncentracija ovog radionuklida u tlima. Koncentracije ^{232}Th također su ujednačene i kreću se uglavnom oko gornjih granica prosječnih koncentracija ^{232}Th u tlima. Uočljivo je da koncentracije ^{235}U i ^{238}U u uzorcima šljaka i pepela variraju u širokom rasponu te u prosjeku premašuju uobičajne koncentracije urana u tlima za gotovo 100 puta.

Obzirom na prosječne koncentracije ^{40}K i ^{232}Th koje su izmjerene u uzorcima i njihove prosječne koncentracije u tlima, šljaku i pepeo iz termoelektrana na ugljan u pravilu možemo smatrati bezopasnim s stanovišta potencijalnog zagadjivanja okoline kalijem i torijem. U pogledu urana, situacija je potpuno obrnuta. Visoke koncentracije urana izmjerene u uzorcima 13 do 20 premašuju prosječne koncentracije ovih radionuklida u šljaci i pepelu TE Głomín (6,7). Pri ovako visokim koncentracijama urana moguća je i industrijska prerada ugljene šljake i pepela u svrhu dobivanja urana. Izmjerene visoke koncentracije urana u šljakama i pepelu ugljena iz termoelektrana upućuju na potrebu permanentne kontrole prirodne radioaktivnosti prije njihovog eventualnog korištenja u industriji građevinskih materijala. Obzirom na postojeću zakonsku regulativu (11,12), značajan postotak analiziranih krutih produkata izgaranja ugljena u termoelekttranama moguće je tretirati kao kruti radioaktivni otpad (niskoradioaktivan). Ovakav

tretman šljaka i pepela iz termoelektrana na ugljen isključio bi mogućnost nekontroliranog odlaganja ovih materijala, a time i njihov negativan utjecaj na okoliš.

Literatura

1. ----- (1978): Trace contaminants from coal. Ed. Torrey, S., Noyes Data Corporation, Park Ridge.
2. Cesar, D. (1979): Specifična aktivnost ^{214}Bi u ugljenima i njihovim čvrstim ostacima poslije sagorijevanja u termoelektranama. X Simp. J.D.Z.Z., 421-424, Arandjelovci.
3. ----- (1982): Uranium Series Disequilibrium: Applications to Environmental Problems. Ed. Ivanovich, M. and Harmon, R.S., Clarendon Press, Oxford.
4. Nakaoka, A., Fukushima, M. and Takagi, S. (1984): Environmental effects of natural radionuclides from coal-fired power plants. Health Phys. 47, 407-416.
5. Marović, G. i Bauman, A. (1987): Radioaktivnost termoelektrana na ugljen. XIV Simp. J.D.Z.Z., 168-171, Novi Sad.
6. Lulić, S. i Martak, M. (1985): Proračun doza radioaktivnog ozračenja uslijed rada TE Plomin 1 i 2. XIII Simp. J.D.Z.Z., 77-80, Pula.
7. ----- (1984): Proračun emisije radioaktivnih elemenata i teških metala na osnovi mjerenja koncentracija u pepelu, zraku i vodi. Institut "Rudjer Bošković", OOUR Fizika energetika i primjena, Zagreb.
8. Ajdačić, N. i Martić, M. (1983): Uticaj pepelišta termoelektranskih postrojenja na stepen kontaminacije površinskih voda radioaktivnim materijalima. XII Simp. J.D.Z.Z., 80-83, Ohrid.
9. Barišić, D.: Određivanje ^{235}U i ^{238}U gamaspektrometrijskom metodom na energijama oko 186 KeV-a (u štampi).
10. Erdtmann, G. and Soyka, W. (1979): The Gamma Rays of the Radionuclides. Verlag Chemie, Weinheim, New York.
11. ----- (1987): Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije. Sl. list SFRJ br. 8, 226-245, Beograd.
12. ----- (1986): Pravilnik o načinu sakupljanja, evidentiranja, obrade, čuvanja, konačnog smještaja i ispuštanja radioaktivnih otpadnih tvari u čovjekovu okolinu. Sl. list SFRJ br. 40, 1195-1199, Beograd.

IZLOŽENOST RADNIKA RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI
U PROCESU DROBLJENJA I PRERADE RUDE URANA U RUŽV

Majduković D., Institut za medicinu rada i radiološku
zaštitu "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Prijatelj I., Arh S., Štruc V.- Rudnik urana Žirovski Vrh
SVD- Gorenja Vas

Uvod

U rudniku urana Žirovski Vrh nalazi se u probnom pogonu Drobilnica i Prerada rude urana od 1984.g. Pre početka rada odn.kod prvog probnog rada izvršena su merenja "nultog stanja" u pogledu kontaminacija površina kontrolom beta i gama aktivnosti neposredno iznad tla ,gama doza na 1 m visine od tla, koncentracija radona 222 u vazduhu kao i kratkoživećih radonovih potomaka.Od tada se stalno vrši kontrola kada su pogoni u radu i nakon obavljenih servisiranja.

Metodologija

Izbor mernih mesta u pogonu Drobilnice i pogonu Prerade izvršen je u zonama pojedinih tehnoloških postupaka ,na mestima na kojima bi se mogli zadržavati radnici prilikom opsluživanja mašina i kontrole proizvodnih postupaka.Navedena mesta se nalaze u kategoriji B u pogledu izloženosti i zaštite.

U pogonu Drobilnice kontroliše se prostor oko detektora kovina tj mesta na pokretnoj traci gde je montiran magnet koji iz rude uklanja metalne delove, zatim kod konusne drobilnice i u komandnoj sobi gde se najviše zadržavaju radnici.

U pogonu Prerade kontroliše se prostor oko silosa gde je smeštena iz pogona Drobilnice drobljena i mlevena ruda, kod postupka izluživanja , u komandnoj sobi , kod tračnih filtara, peščenih f filtara i u prostoriji solventne ekstrakcije.

Kontaminacija površina na ukupnu beta aktivnost izražava se u Bq/100 cm² i kod "nultog stanja" bila je od 6 do 10 , gama do-

-ze iznad tla u $\mu\text{Gy h}^{-1}$ i u vreme "nultog stanja" bile su od 0,05 do 0,14 . Koncentracije u vazduhu radne sredine u pogledu radona u Bq m^{-3} - u vreme "nultog stanja" od 10-tinu Bq m^{-3} i koncentracije kratkoživećih potomaka u WL odn. μJm^{-3} reda 0,01 WL u vreme izmerenog "nultog stanja", odn. 0,208 μJm^{-3} .

Rezultati ispitivanja i merenja

Rezultati se radi lakše preglednosti daju tabelarno:

TAB.1. POGON DROBLJENJA RUDE URANA-RUŽV

MERNO MESTO	VRSTA MERENJA	MIN.	MAKS.	SREDNJA VR.	JEDINICA
DETEKTOR KOVINA	BETA	6	20	13,4	$\text{Bq}/100 \text{ cm}^2$
	GAMA	0,25	0,35	0,30	$\mu \text{Gy h}^{-1}$
	RADON	26	286	36	Bq m^{-3}
	RAD-POT	0,01	0,05	0,018 0,3744	WL μJm^{-3}
KOMANDNA SOBA	BETA	6	20	9	$\text{Bq}/100 \text{ cm}^2$
	GAMA	0,09	0,14	0,11	$\mu \text{Gy h}^{-1}$
	RADON	13	159	49	Bq m^{-3}
	RAD-POT	0,01	0,05	0,02 0,416	WL μJm^{-3}
KONUSNI DROBILNIK	BETA	6	30	19	$\text{Bq}/100 \text{ cm}^2$
	GAMA	0,09	0,30	0,17	$\mu \text{Gy h}^{-1}$
	RADON	7	111	67	Bq m^{-3}
	RAD-POT	0,01	0,02	0,012 0,2496	WL μJm^{-3}

Radnici se najviše zadržavaju u komandnoj sobi pa bi se ta lokacija mogla uzeti za reprezentativnu u pogledu izloženosti radnika u ovom pogonu. Medjutim i jedna srednja vrednost svih merenja u ovom pogonu daje sličnu vrednost, tako za beta : 14 $\text{Bq}/100 \text{ cm}^2$, za gama 0,19 $\mu \text{Gy h}^{-1}$, za radon 50 Bq m^{-3} i radonovih potomaka 0,017 WL odn. 0,3536 μJm^{-3}

Za radnike u ovom pogonu od većeg značaja je izloženost prašini ma da imaju dobru ventilaciju i sam pogon je otvoren i spoljni vazduh direktan prisustvuje sredini i buka koju proizvo-

-de mlinovi.

TAB.2. POGON PRERADE RUDE URANA - RUŽV

MERNO MESTO	VRSTA MERENJA	MIN.	MAKS.	SREDNJA VR.	JEDINICA
SILOSI	BETA	8	40	22,4	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,20	0,63	0,46	μ Gy h ⁻¹
	RADON	60	1004	454	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,05	0,012 0,2496	WL μ Jm ⁻³
IZLUŽIVAL- -NICI	BETA	8	40	28,3	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,25	0,50	0,38	μ Gy h ⁻¹
	RADON	46	1519	647	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,05	0,029 0,6032	WL μ Jm ⁻³
KOMANDNA SOBA	BETA	4	20	7,2	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,12	0,21	0,15	μ Gy h ⁻¹
	RADON	23	264	114	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,03	0,017 0,3536	WL μ Jm ⁻³
PRAČNI FILTRI	BETA	12	32	18,5	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,14	0,40	0,27	μ Gy h ⁻¹
	RADON	13	449	153	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,04	0,014 0,2913	WL μ Jm ⁻³
PEŠČENI FILTRI	BETA	10	250 ^x	80,5 ^x	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,15	1,00 ^x	0,54	μ Gy h ⁻¹
	RADON	20	429	150	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,05	0,017 0,3536	WL μ Jm ⁻³
SOLVENTNA EKSTRAKCIJA	BETA	20	80	50	Bq/100 cm ²
	GAMA	0,18	1,50	0,65	μ Gy h ⁻¹
	RADON	13	53	28	Bq m ⁻³
	RAD-POT	0,01	0,05	0,03 0,6240	WL μ Jm ⁻³

x) U neposrednoj blizini Peščenih filtra nalazi se ulaz u zonu A - otuda uticaj na gama doze odn. povećana kontaminacija tla -beta aktivnost.

Ako bi se uzela jedna srednja vrednost svih radnih mesta

koja se kontrolišu u ovom pogonu imali bi ukupnu beta aktivnost na tlu $31,4 \text{ Bq/100 cm}^2$, gama doze 1 metar iznad tla $0,36 \text{ } \mu\text{Gy h}^{-1}$, koncentraciju radona 222 u vazduhu 303 Bq m^{-3} i koncentracije potomaka radona $0,018 \text{ WL}$ odnosno $0,3744 \text{ } \mu\text{J m}^{-3}$.

Komentar i zaključak

Na osnovu praćenja kontaminacije u pogonu Drobilnice i Pogonu Prerade rude urana, može se zaključiti sledeće:

-u pogonu Drobilnice ne postoje značajne promene porasta kontaminacije u odnosu na "nulto stanje" ni u pogledu kontaminacije površina ni vazduha.

-u pogonu Prerade može se konstatovati da je došlo do porasta kontaminacije tla u odnosu na "nulto stanje" u skladu sa porastom "probne" proizvodnje. Uzevši za indeks "1" za 1984.g. porast proizvodnje je bio po godinama povećavan : $2,28 / 2,34 / 2,62 / 3,05$. Na ovaj način je približno došlo do povećanja beta (zračenja) aktivnosti na tlu, neznatno gama doza i radona u vazduhu, dok se veoma malo ili neznatno odrazilo na povećanje koncentracije radonovih potomaka—što bi se moglo pripisati efikasnoj ventilaciji.

Ovo iziskuje veće angažovanje oko održavanja tla odnosno dekontaminacije.

EXPOSURE OF WORKERS TO RADIOAKTIVE CONTAMINATION IN THE PROCESS OF URANIUM ORE CRUMBLING AND PROCESSING

Hajduković D.—Institute of occupational health and radiological protection, Belgrade

Prijatelj I., Arh S., Štruc V.—Uranium mine Žirovski Vrh-SVD- RUŽV - Gorenja Vas

Summary

Contamination of working environment on the surface of the plant for uranium ore crumbling and processing. Beta and gamma activity as well as air concentrations of radon 222 and short lived daughters were measured during the testing (1984-1988) of the plant for uranium ore crumbling and processing of the mine Žirovski Vrh.

ISPITIVANJE EFIKASNOSTI ZAŠTITNIH ŠLEMOVA U KONTAMINIRANOM DELU JAME RUDNIKA URANA RUŽV

Hajduković D.,

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "dr Dragomir Karajović" Beograd, Deligradska 29

Prijatelj I., Rojc J., Štruc V.,

Rudnik urana Žirovski Vrh - SVD-SRV, Gorenja Vas

Uvod

Povremeno se ukazuje potreba kratkotrajnog boravka u kontaminiranoj zoni jame rudnika urana (stari napušteni radovi, neventilirane zone). Iskustveno u tim delovima jame mogu se očekivati koncentracije radona od nekoliko hiljada ili desetina hiljada Bq m⁻³ i koncentracije potomaka radona desetak WL (odn. 10×10^{-5} J m⁻³ prema relaciji $1WL = 2,08 \times 10^{-5} \text{ Jm}^{-3}$). U tom cilju pokazala se potreba ispitivanja Racal zaštitnog šlema koji ima ugrađen motor-ventilator sa akumulatorskim pogonom i sistem filtriranja vazduha.

Metodologija

Odabrana je lokacija u jami gde se nalaze stari napušteni radovi (nivo 480-H-6). Vršila se istovremeno uzimanje uzoraka radona i potomaka u vazduhu spoljne sredine u prostoriji i posebni uzorci ispod šlema gde se udiše filtriran vazduh. Ispitivanje se vršilo sa tri merna uređaja, koristeći šlemeve tip AH4 i AH12.

Merenje koncentracija radona sa scintilacionim bočicama i mernim uređajem RDA, Kanada i potomaka na uzetom filtru merenjem α aktivnosti sa IWLM, MDA, SAD.

Rezultati merenja

Rezultati se daju tabelarno, odnose se na dve vrste zaštitnog šlema tip AH4 sa filtrom AS23/4 i tip AH12 sa filtrom AS23

TAB.1. Rezultati ispitivanja zaštitnih šlemova

MERNE ZONE	WL u spolnoj sredini	WL ispod zaštitnog šlema AH4	WL ispod zaštitnog šlema AH12
I	0,67 ± 0,04	0,013 ± 0,01	0,05 ± 0,03
II	2,18 ± 0,27	0,023 ± 0,01	0,07 ± 0,01
III	5,37 ± 0,13	0,023 ± 0,006	0,196 ± 0,02
IV	41,54 ± 2,28	0,15 ± 0,02

Komentar i zaključak

Evidentno je da se upotrebom zaštitnih šlemova Racal AH i AH 12 u kontaminiranim zonama rudnika smanjuje veoma efikasno filtracijom u šlemu koncentracija potomaka radona iz spoljnog ambijenta, što obezbeđuje bezbedan rad u kontaminiranoj zoni. Ovo se odnosi na filtriranje kratkoživećih radonovih potomaka budući da su kao metalne čestice polonijuma, olova i bizmuta deponovani na česticama prisutne prašine u jami rudnika.

Opšti zaključak je da pored efikasnog smanjenja koncentracija kratkoživećih potomaka u vazduhu, šlemovi ne opterećuju korisnicima disajni sistem u toku nošenja šlema a akumulator koji se nosi za pojasom omogućava dovoljan kapacitet za pogon motora za višerasovni boravak.

STUDY OF THE EFFECT OF SPECIAL HELMETS IN CONTAMINATED AREAS OF URANIUM MINE - RUŽV

Hajduković D.-Institute for occupational health and radiological protection, Belgrade, Deligradska 29

Prijatelj I., Rojc J., Štruc V.-Uranium mine Žirovski Vrh SVD- Gorenja Vas

Summary: Effectiveness of helmets with protective filters was studied in contaminated areas of uranium mine. Filtration in the helmets reduces concentrations of short lived radon daughters from 40 WL to only 0,15 WL.

PORAZDELITEV Th-230 V OKOLJU RUDNIKA
"ZIROVSKI VRH"

Južnič K., Fedina S., Hečimer M. in Komosa A.

Institut "Jožef Stefan", 61111 Ljubljana

IZVLEČEK

Razvita je bila metoda za radiokemijsko določevanje Th-230 v različnih vzorcih okolja kot so vode, rastline in mineralne snovi. Po tej metodi so bile določene aktivnosti Th-230 v trdnih in tekočih odpadkih iz predelovalnega obrata za uranovo rudo ter v nekaterih vzorcih iz okolja rudnika "Zirovski vrh".

UVOD

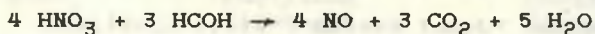
Th-230 je član razpadne vrste U-238 in spada med najbolj toksične radioizotope. Dovoljen četrtletni oralni vnos znaša le 3.4 μCi (¹), medtem ko je dovoljena koncentracija v pitni vodi 2×10^{-6} $\mu\text{Ci/ml}$. V naravi kjer je v ravnotežju z uranom pride na tono urana 17.5 g ali $1,25 \times 10^{10}$ Bq Th-230. Izotop je alfa aktiven z razpolovno dobo 80000 let (alfa razpadov z $E_{\alpha} = 4.684$ MeV je 76%; gama razpadov z žarki $E_{\gamma} = 0.068$ MeV je 0.59%).

Namen našega dela je bil razviti nekoliko modificirano radiokemijsko metodo za določevanje Th-230 (²), ki bi bila dovolj občutljiva za merjenje aktivnosti v vzorcih okolja ter ugotoviti onesnaženje v okolju, ki izvira zaradi dejavnosti rudnika in predelovalne naprave v Zirovskem vrhu.

EXPERIMENTALNO DELO

K 20 g fino zmletega trdnega vzorca dodamo 100 ml 2-3 M HCl in segrejemo do vrenja. Nato pustimo, da poteka izluževanje preko noči. Rastopino ločimo od trdnega preostanka, jo razredčimo na 150 ml ter jo nato spustimo skozi kolono ϕ 10 x 15 cm napolnjeno z ionskim izmenjalcem Dowex 50 X8 v H^+ -obliki. Kolono izperemo z destilirano vodo in eluiramo torij z 100 ml 0,5 M oksalne kisline. V eluat dodamo 20 ml 63% HNO_3 in 20 ml 30% H_2O_2 ter izparimo do suhega. Preostanek raztopimo v

nekaj ml koncentrirane HNO_3 med segrevanjem. Dodamo prebitek formaldehida, da odstranimo solitrno kislino. Reakcija je naslednja:



Raztopini dodamo acetatnega pufra, da je pH med 4 in 6. Volumen naj bo okoli 10 ml. Da določimo se izkoristek pri elektrolitskem platinanju, dodamo znano količino Th-232 v obliki nitrata. Raztopino nato prenesemo v elektrolitsko celico, kjer je katoda ploščica iz nerjaveče pločevine anoda pa platinska. Platinanje naj poteka s tokom 0,3 A približno 1 uro. Na koncu ploščico speremo posušimo in izmerimo aktivnost na alfa spektrometru.

Instrument, ki smo ga uporabili je bil TC 257 alfa spektrometer (Tennelec) s silicijevim detektorjem s površinsko bariero.

Ocena postopka

Izluževanje trdnih vzorcev poteka z solno kislino. Ta proces poteka skoro kvantitativno (^{2,3}). Izluženo raztopino potem uporabimo direktno za nadaljno analizo, kar predstavlja dodatno prednost (³).

Separacija urana in torija poteka z ionsko izmenjavo. Pri tem dosežemo tudi separacijo torija od ostalih dvovalentnih ionov (⁵). Eventuelno prisotne Fe^{3+} ione pred izmenjavo reduciramo v dvovalentno obliko.

Z ozirom na normalno vodikovo elektrodo ima torij podoben potencial kot aluminij in sicer

$$\text{Th} = \text{Th}^{4+} + 4e \quad E^0 \text{ je } -1,9 \text{ V}$$

V elektronapetostni vrsti ima torij podobno pozicijo kot magnezij, zato ga je iz vodne raztopine relativno težko elektrokemijsko platinirati. To se vidi iz sorazmerno slabega izkoristka. Na elektrodi se izloči tanek sloj torijevega oksida-hidrata.

Celotni izkoristek postopka, ki vključuje kemijski in izkoristek pri štetju smo določili z izvedbo postopka z znano količino torijevega nitrata $\text{Th}(\text{NO})_4$. Izkoristek, ki smo ga dobili znaša 0,45% do 10%.

Primerjava občutljivosti alfa in gama spektrometrične določitve Th-230 kaže, da je prva dosti bolj občutljiva. Gama spektrometrično lahko izmerimo 1,5 Bq izotopa s standardno deviacijo $\pm 50\%$ pri pogojih, da vzorec ne vsebuje drugih gama sevalcev in da je čas meritve 1 dan. Po alfa spektrometrični metodi lahko izmerimo 0,025 Bq izotopa z isto standardno deviacijo v enem dnevu pri ozadju 10 imp/dan in pri izkoristku postopka 0,45%.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Meritve koncentracij Th-230 so bile napravljene v vzorcih iz okolja rudnika urana "Zirovski vrh". Od izkopane rude gre v dnevno predelavo 625 ton z povprečno vsebnostjo 800 g U_3O_8 na tono. Vsebnost Th-230 je $8,2 \cdot 10^6$ Bq na tono. Jalovino iz radiometrijske separacije (1) odlagajo na hribu blizu rudnika. Bližnji potok se imenuje Brebovščica in ima pretok znaša okoli $0,15 \text{ m}^3/\text{sek}$. Jalovino iz predelave (2) po izluževanju z žveplovo kislino in rdeče blato (3), ki nastaja pri nevtralizaciji raztopine po ekstrakciji urana, odlagajo na drugem odlagališču, ki je tudi locirano na pobočju hriba. To odlagališče je drenirano, voda pa se zbira v bazenu Boršt (4). Okoli 50 m pod tem odlagališčem je majhen izvir (5). Voda prihaja iz hribine pod odlagališčem. Pri vznožju hriba teče potok Todraž s pretokom okoli $0,05 \text{ m}^3/\text{sek}$, ki se zliva v Brebovščico. Obstoji še en izvor onesnaževanja to je z vodo, ki prihaja iz rudnika in vsebuje suspendirane delce rude, ki nastanejo pri vrtanju. Ta voda je speljana v dva usedalna bazena (7) in se potem steka v Todraž. Meritve aktivnosti Th-230 so bile napravljene na vseh omenjenih vzorcih in so podane v Tabeli 1. Za primerjavo so navedene tudi vrednosti za Pb-210 in Po-210.

Tabela 1. Aktivnosti Th-230, Pb-210 in Po-210 v vzorcih iz okolja rudnika Zirovski vrh.

Vzorec	Aktivnost v Bq/kg ali Bq/m ³ za trdne oziroma tekoče vzorce		
	Th-230	Pb-210	Po-210
Brebovščica	2,2	7,7	1,0
Brebovščica(po)	34	9,7	2,0
Jalovina (2)	160	3960	3139
Rdeče blato (3)	142	1260	358
Voda, Boršt (4)	93,1		
Blato, Boršt (4)	213	4860	6800
Vodni izvir (5)	13	201	8,6
Todraž	12	5,6	0,74

Aktivnost vode iz bazena Boršt kaže, da izluževanje torija iz jalovine in metalurških odpadkov ni zelo intenzivno. Geološki materiali so dobri absorbenti za torij kar se vidi na majhni aktivnosti vode iz izvira pod odlagališčem. V potokih Brebovščici in Todražu za odlagališčem se da ugotoviti povečanje vsebnosti Th-230, vendar pa so te aktivnosti še vedno daleč pod dovoljenimi za pitno vodo

LITERATURA

- (1) D. C. Stewart, Data for Radioactive Waste Management and Nuclear Applications, (1985), Wiley & Sons, Inc.
- (2) H. L. Volchok and G. dePlanque, EML Procedures Manual (1983).
- (3) Gmelin, Handbuch der Anorganischen Chemie, Thorium und Isotope, 44 (1955) 396.
- (4) K. Južnič, U. Miklavžič, M. Korun, I. Kobal and P. Stegnar Vestnik SKD 33 (1986) 257.
- (5) An. N. Nesmeyanov, A Guide to Practical Radiochemistry, Vol. 2 (1980) 84.

ABSTRACT

A modified radiochemical method for Th-230 determination in the environmental samples has been developed. It was applied for the activity measurements at "Zirovski vrh" uranium mine and that for solid and liquid wastes from the uranium ore processing plant and for some environmental samples.

Arh Stane

Rudnik urana Žirovski vrh, Gorenja vas

NADZOR NAD IONIZIRAJOČIMI SEVANJI V R U Ž V

Prispevek opisuje organizacijo nadzora in rednih kontrolnih meritev ionizirajočih sevanj v delovnem okolju rudnika urana Žirovski vrh.

V rudniku urana Žirovski vrh (RUŽV) deluje kot samostojna enota Služba za varstvo pred sevanji. Njena glavna naloga je nadzor nad ionizirajočimi sevanji v delovnem okolju in nad vsemi emisijskimi izpusti iz RUŽV (plinasti, tekoči in trdni) v okolje. Služba skrbi, da delavci pri delu niso po nepotrebnem in neupravičeno izpostavljeni ionizirajočim sevanjem in da nihče od posameznikov ne prejme večje doze sevanja kot jo dopušta naša zakonodaja.

Celotni program nadzora nad ionizirajočimi sevanji sloni na jugoslovanski zakonodaji in priporočilih mednarodnih agencij IAEA in ICRP. Pri izdelavi programa smo se poslužili tudi navodil ameriške U.S.Nuclear Regulatory Commission. Sistem nadzora nad ionizirajočimi sevanji je prilagojen metodi odkopavanja rude in tehnološkemu postopku pridobivanja uranovega tehničnega koncentrata, rumene pogače.

Proces pridobivanja rumene pogače poteka od kopanja rude v podzemnem odkopavanju, preko drobljenja rude, izluževanja urana z žvepleno kislino, filtracije, solventne ekstrakcije, obarjanja do sušenja uranovega tehničnega koncentrata.

Delavci v RUŽV so izpostavljeni predvsem sledečim virom ionizirajočih sevanj:

- radon-222 in njegovi kratkoživi potomci
- dolgoživi alfa sevalci
- zunanje gama sevanje

Na odkopih v jami RUŽV prispevajo k prejeti efektivni ekvivalentni dozi največ kratkoživi radonovi potomci (okoli 80% celokupne doze za posameznika),

zato je sistem nadzora usmerjen predvsem v kontrolo le teh. S pravočasnimi in učinkovitimi ukrepi lahko znatno zmanjšamo koncentracijo kratkoživih radonovih potomcev v jamskem zraku in s tem posredno tudi prejeta dozo rudarjev. Koncentracijo radonovih kratkoživih potomcev v jami merimo vsak dan. Meritve opravljamo pri pogojih v kakršnih delajo rudarji pri predpisanemu režimu prezračevanja jamskih prostorov in delovišč. Program meritev je zasnovan tako, da opravimo vsaj eno meritev v tednu na vsakem aktivnem delovišču. Pogosteje merimo na deloviščih, kjer so koncentracije kratkoživih radonovih potomcev večje. V slabše zračenih delih jame in v kritičnih odkopnih poljih merimo vsak dan. V primeru, da presežejo izmerjene vrednosti določeni referenčni nivo, ki je opredeljen v internih navodilih, takoj ukrepamo.

Izmerjene vrednosti koncentracij kratkoživih radonovih potomcev na deloviščih uporabimo pri izračunu prejetih doz za tiste delavce, ki so delali na teh deloviščih.

Na vseh novih odkopih oziroma na deloviščih, ki so bila dlje časa neaktivna, se smejo začeti dela šele, ko so izmerjene vrednosti v okviru dopustnih. Meritve koncentracije radonovih kratkoživih potomcev opravimo praviloma en dan pred začetkom del.

Po vsaki daljši ustavitvi centralne ventilacije jamskih prostorov (vikend, prazniki, okvara za nekaj ur, ...) začnemo meriti koncentracijo kratkoživih radonovih potomcev v vseh glavnih prezračevalnih poteh in na posameznih kritičnih deloviščih eno uro po ponovnem zagonu ventilacije. V primeru, da so izmerjene vrednosti v okviru dopustnih, smejo rudarji na delo v jamo v posamezne revirje, sicer pa ne. Med vikendi in prazniki ventilacija ne dela. Ponovni zagon ventilatorjev je vedno 4 ure pred začetkom dela prve izmene.

Učinkovitost jamske ventilacije spremljamo skupaj s Službo za ventilacije preko meritev koncentracije kratkoživečih potomcev in koncentracije radona na stalnih merilnih točkah v glavnih prezračevalnih poteh. Te meritve opravljamo enkrat mesečno.

Jakost gama sevanja v jami je odvisna od orudenja. Variacije so velike. Prejete doze merimo s TL dozimetri, ki jih rudarji nosijo pod čeladami, in jih odčitavamo na vsake 3 mesece. Prispevek gama sevanja k celokupni efektivni ekvivalentni dozi pri rudarjih je okoli 20%.

Prispevek radona in dolgoživečih alfa sevalcev k celokupni efektivni ekvivalentni dozi je majhen, manjši kot 1%, zato ti izvori niso vključeni v

redni nadzor. Kontroliramo jih samo občasno. Radon je žlahtni plin, zato je kemijsko neaktiven. Praktično ves radon, ki ga vdihnemo, tudi izdihnemo. V RUŽV uporabljamo mokro tehnologijo odkopavanja, zato so koncentracije prahu v zraku najhje.

V obratu predelave imamo učinkovito lokalno ventilacijo, zato so koncentracije radona in njegovih kratkoživih potomcev nizke. Kontrolne meritve koncentracije radonovih potomcev opravljamo najmanj enkrat mesečno. Dozo gama sevanja merimo s TL dozimetri, ki jih odčitavamo vsake tri mesece.

V prostorih predelave je najbolj problematična kontaminacija površin, to še posebno velja za takoimenovano cono A, kjer se dela s tehničnim uranovim koncentratom. Kontaminacijo površin kontroliramo najmanj vsakih 14 dni v času, ko predelava obratuje. Če je potrebno se opravi dekontaminacija. V coni A veljajo posebni ukrepi, ki naj bi preprečili raznašanje radioaktivnega materiala v širšo okolico (omejen pristop, posebna obleka, zaprti krog odtokov). Zaradi velike nevarnosti vnosa uranovega tehničnega koncentrata v telo, kontroliramo vsak dan vsebnost urana v urinu pri vseh delavcih, ki so delali v coni A.

Enkrat mesečno prekontroliramo tudi kontaminacijo cestišča, po katerem odvažajo hidrometalurško jalovino iz predelovalnega obrata na odlagališče. Po potrebi se cestišče dekontaminira.

Vsake pol leta supervisor iz pooblašene organizacije neodvisno od nas izmeri ionizirajoča sevanja v delovnem okolju in prekontrolira kalibracijo instrumentov.

Z namenom, da bi čimbolj nadzorovali širjenje radioaktivnega materiala v življensko okolje, nadzorujemo periodično vse glavne emisijske izpuste, kot to določa naš interni pravilnik (ventilacijski izpusti iz jame, tekoči izpusti, plinski izpusti iz sušilnice tehničnega uranovega koncentrata). V okolje spuščamo predvsem radon in radonove kratkožive potomce ter uran z njegovimi potomci.

Nadzor nad ionizirajočim sevanjem v življenskem okolju okolice RUŽV, ki je posledica naših emisij, opravlja Institut Jožef Stefan, ki je za to pooblaščen.

Abstract: The paper deals with practical control and measurement of ionising radiation in uranium mine Zirovski vrh working environment.

Arh S., Štruc V., Šifrer J.

Rudnik urana žirovski vrh, Gorenja vas

IZPOSTAVLJENOST DELAVCEV R U Ž V IONIZIRAJOČIM SEVANJEM

Članek obravnava glavne prispevke virov sevanja k efektivni ekvivalentni dozi zaposlenih v rudniku urana žirovski vrh: radonove kratkožive potomce, zunanje gama sevanje in vnos urana v telo.

Splošno je znano, da so rudarji v rudnikih urana ena izmed skupin delavcev, ki so poklicno najbolj izpostavljeni ionizirajočim sevanjem. Delavci v rudniku urana žirovski vrh (RUŽV) so izpostavljeni predvsem sledečim virom sevanja:

- radon-222 in njegovi kratkoživi potomci
- dolgoživi alfa sevalci (uran s svojimi potomci)
- zunanje gama sevanje

Tem virom sevanja se rudarji ne morejo izogniti in so zato med delo stalno prisotni. S pravnimi zaščitnimi ukrepi njihov vpliv lahko znatno zmanjšamo. Z načrtnimi ukrepi in vlaganji, predvsem z dobro ventilacijo, smo v RUŽV delovne pogoje močno izboljšali glede na pretekla leta in s tem zmanjšali ogroženost zdravja delavcev (2.). V tem prispevku želimo prikazati rezultate meritev koncentracije radonovih kratkoživih potomcev na aktivnih deloviščih v letu 1988 in izpostavljenost delavcev RUŽV ionizirajočim sevanjem. Metitve in kontrolo ionizirajočih sevanj v delovnem okolju opravlja Služba za varstvo pred sevanji RUŽV. Organizacija nadzora je opisana v referatu na tem simpoziju (1.).

K celotni efektivni ekvivalentni dozi rudarjev v RUŽV prispevajo preko 80% doze radonovi kratkoživi potomci, ki pridejo preko inhalacije zraka v pljuča. Zato na aktivnih deloviščih vsak dan kontroliramo in merimo koncentracijo radonovih kratkoživih potomcev v zraku (KRnKP). Pogostnost posameznih izmerjenih koncentracij na deloviščih v letu 1988 je prikazana v tabeli 1.

TABELA 1.

KrnkP ($\mu\text{J}/\text{m}^3$)	(WL)	MERITVE NA DELOVISCIH	
		N	%
0 - 2	0 - 0,1	2464	73
2 - 4	0,1 - 0,2	549	16
4 - 6	0,2 - 0,3	230	7
6 - 8	0,3 - 0,4	133	4
8 - 10	0,4 - 0,5	5	
nad 10	nad 0,5	5	

KrnkP - koncentracija potencialne alfa energije radonovih kratkoživih potomcev v zraku, ki jo merimo v enotah $\mu\text{J}/\text{m}^3$ oziroma v starejših, v praksi pogosteje uporabljenih enotah WL (working level). Zaradi dobre ventilacije je večina izmerjenih koncentracij nizkih. Povprečna KrnkP v letu 1988 je bila $1,6 \mu\text{J}/\text{m}^3$ (0,08 WL), najvišja izmerjena vrednost pa $35 \mu\text{J}/\text{m}^3$ (1,76 WL). Količnik ravnovesja s koncentracijo radona je imel vrednost med 0,1 in 0,3.

V primeru, da izmerjene vrednosti presežejo referenčne nivoje takoj ukrepano. V tabeli 2. so na kratko prikazani ukrepi glede na referenčne vrednosti.

TABELA 2.

REFERENČNE VREDNOSTI ($\mu\text{J}/\text{m}^3$)	UKREPI
0 - 4	normalno stanje.
4 - 8	stanje v okviru zakonskih zahtev, povečati nadzor.
8 - 24	nenormalno stanje, strogi nadzor, uporaba osebne zaščitne opreme, takojšnja sanacija, po 48 urah se delo na delovišču se ustavi, če KrnkP ne pade pod $8 \mu\text{J}/\text{m}^3$
nad 24	pristop na delovišče je prepovedan

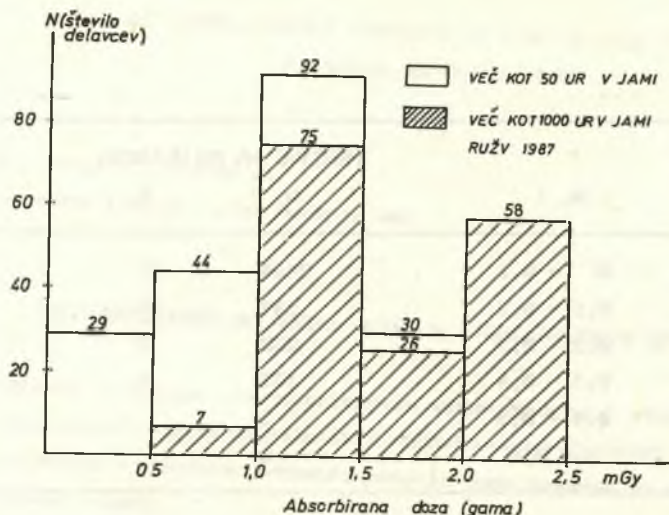


Diagram 1. prikazuje prispevek k efektivni ekvivalentni dozi v letu 1987 ki je posledica zunanjega sevanja gama pri delavcih, ki so delali v jami najmanj 50 ur. Na ordinati je število delavcev, ki so prejeli dozo v določenem intervalu. Prejeto dozo sevanja gama merimo s termoluminiscentnimi dozimetri, ki jih rudarji nosijo pod čeladami. Osenčeni del diagrama prikazuje prispevke le za rudarje, ki so v jami delali več kot 1000 ur. V diagramu se pojavljata dva vrhova. V intervalu med 1,0 in 1,5 mSv so prejeli doze v glavnem: rudarji, ki delajo proge v jalovini, vzdrževalci, vozniki jamske mehanizacije in tehnično nadzorno osebje. V intervalu med 2,0 in 2,5 mSv so prejeli doze predvsem rudarji, ki delajo na čelu odkopov rude.

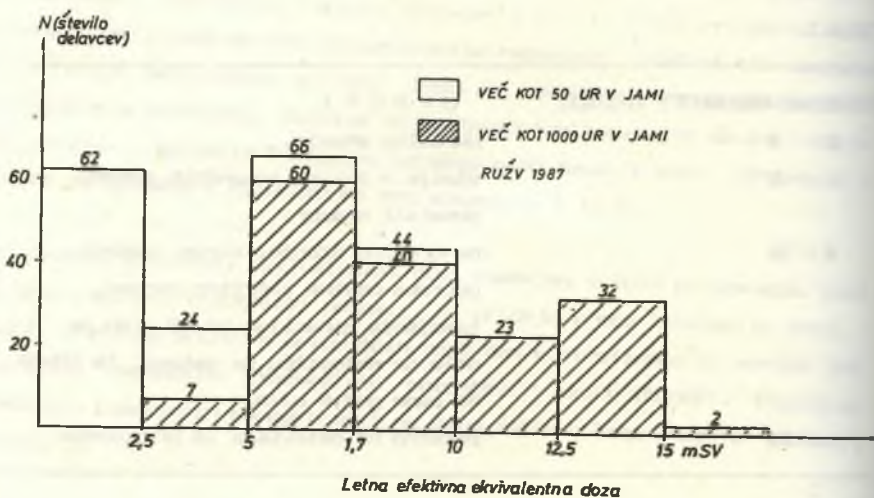


Diagram 2. prikazuje pogostost celokupne prejete letne efektivne ekvivalentne doze za rudarje v letu 1987 (zunanje gama sevanje + inhalacija

radnovih kratkoživih potomcev; ostali prispevki so manjši od 1%). Največja prejeta efektivna ekvivalentna doza za posameznega rudarja v letu 1987 je bila 15 mSv ali 31% zakonsko dopustne vrednosti (50 mSv). Pri izračunu smo upoštevali relacijo: 4 uJ (1 MUM) je ekvivalentno dozi 10 mSv. V intervalu 7,5 do 15 mSv so prejeli doze v glavnem rudarji, ki delajo na čelu odkopov rude. V intervalu 2,5 do 7,5 mSv so prejeli dozo: vzdrževalci, rudarji, ki delajo proge v jalovini, vozniki jamske mehanizacije, nadzorno tehnično osebje. Najmanj so izpostavljeni delavci, ki imajo le občasno delo v jami. Osenčeni del upošteva samo rudarje, ki so bili v jami več kot 1000 ur v letu.

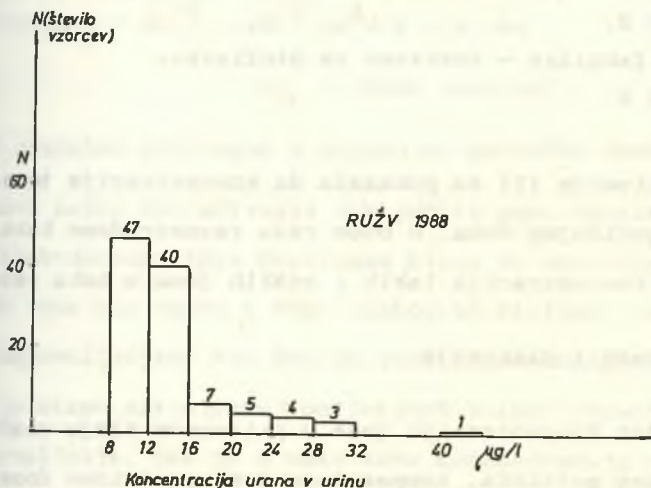


Diagram 3. prikazuje koncentracijo urana v urinu delavcev v obratu predelave uranove rude (predvsem pri sušenju in pakiranju uranovega tehničnega koncentrata). Vzorci so vzeti pred začetkom službe, po 16 urah počitka. Uran je prišel v telo preko inhalacije in ingestije. Od 695 vzetih vzorcev urina v letu 1988 smo prisotnost urana odkrili v 107 vzorcih. Koncentracije so bile vedno pod intervencijskimi mejami in so v glavnem posledica slabih higienskih navad posameznikov (kajenje med delom, slabo umivanje rok) in neupoštevanje preventivnih mer.

Abstract: In the present paper we analyze the main contributions to the effective equivalent dose for uranium mine Žirovski vrh miners: short-lived radon daughters, external gamma radiation, uranium inhalation and ingestion.

Literatura:

1. S. Arh, Nadzor nad ionizirajočimi sevanji v RUZV, referat na tem simpoziju
2. D. Hajduković, M. Vukotić, I. Prijatelj, Kontrolna merjenja radona i potomaka u rudniku urana Žirovski vrh (1961 - 1984), XIII. Jugoslovanski simpozij o zaštiti pred sevanji, Pula 1985
3. ICRP Publication 32, Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, Pergamon Press, 1981

XV SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Sezonska promena koncentracije jona u vazduhu u Beogradu

DŽABMBASEVIĆ M.

Vojna akademija kopnene vojske,

B E O G R A D

RADOVANOVIĆ R.

Medicinski fakultet - Institut za biofiziku,

B E O G R A D

Naša istraživanja (1) su pokazala da koncentracija jona u vazduhu zavisi od godišnjeg doba. U ovom radu razmatraćemo kako se menja ravnotežna koncentracija lakih i teških jona u toku sezone.

Rezultati rada i diskusija

Na ravnotežnu koncentraciju jona u prizemnom sloju vazduha, pored atmosferskog pritiska, temperature i ekspozicione doze jonizujućeg zračenja, bitno utiče i koncentracija elektroneutralnih čestica.

Koncentracija elektroneutralnih čestica u vazduhu u Beogradu zavisi od izvora zagadjenja vazduha. Koncentracija ovih čestica u toku zime iznosi oko $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ a u toku leta oko $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$.

Na osnovu ovih podataka naša istraživanja su pokazala da je ravnotežna koncentracija lakih jona u toku zime

$$n_r = 176 \text{ jona/cm}^3$$

Koeficijent unipolarnosti lakih jona u vazduhu u Beogradu zimi

iznosi u proseku 1,4 (2), tako da su koncentracije negativnih jona

$$n^- = 147 \text{ jona/cm}^3$$

a pozitivnih

$$n^+ = 205 \text{ jona/cm}^3$$

što u proseku zadovoljava eksperimentalne vrednosti (1,3).

U istom periodu vrednosti ravnotežne koncentracije teških jona pokretljivosti $2 \cdot 10^{-4} - 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{v} \cdot \text{s}$ su

$$N_{1r} = 12068 \text{ jona/cm}^3$$

Što je neznatno povećanje u odnosu na prosečne vrednosti.

Na osnovu naših istraživanja zaključili smo: ukoliko je vazduh zagadjen elektroneutralnim česticama bitno se smanjuje koncentracija lakih jona oba znaka i čini njihov koeficijent unipolarnosti ekološki nepovoljnijim. Kao što se vidi koncentracija teških jona se ne menja bitno ali njihov koeficijent unipolarnosti postaje ekološki nepovoljniji, jer je u toku zime koncentracija negativnih teških jona

$$N_1^- = 10057 \text{ cm}^{-3}$$

a pozitivnih

$$N_1^+ = 14079 \text{ cm}^{-3}.$$

U letnjem periodu ravnotežna koncentracija lakih jona iznosi

$$n_r = 345 \text{ jona/cm}^3$$

U tom periodu prosečna vrednost koeficijenta unipolarnosti ovih jona iznosi

$$q = 1,03 \text{ (1,4)}$$

pa je koncentracija negativnih jona

$$n^- = 340 \text{ jona/cm}^3$$

a pozitivnih

$$n^+ = 350 \text{ jona/cm}^3.$$

U letnjem periodu ravnotežna koncentracija teških jona je

$$N_{1r} = 11947 \text{ jona/cm}^3.$$

Kao što se vidi u toku letnjeg perioda kada se koncentracija elektroneutralnih čestica smanjuje, raste ravnotežna koncentracija lakih jona, a njihov koeficijent unipolarnosti ima ekološki povoljniju vrednost.

Ravnotežna koncentracija teških jona u prizemnom sloju vazduha praktično se ne menja (opada za oko 1% u odnosu na prosek).

Zaključak

U ovom slučaju možemo konstatovati da je koncentracija lakih jona u toku leta maksimalna a u toku zime minimalna. Teški joni imaju slabije izraženu maksimalnu koncentraciju zimi a minimalnu u leti.

Abstract

XV Yugoslav symposium concerning the protection against radiation, Priština, 6 - 9 June, 1989, Džambasević M., Radovanović R., The Season Change of Ion Concentration in the Air above Beograd

In this work the results of the research on season change of light and heavy ions concentration in the lower layer of air is discussed.

L i t e r a t u r a

1. DŽAMBASEVIĆ M.: Dinamika procesa prirodne jonizacije vazduha i koeficijent unipolarnosti jona (Disertacija). Univerzitet "Svetozar Marković" Kragujevac, Jugoslavija, 1985.
2. RADOVANOVIĆ R., DŽAMBASEVIĆ M.: Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu. X simpozijum o zaštiti od zračenja. Zbornik radova, Arandjelovac, 1979, s. 331.
3. DŽAMBASEVIĆ M., RADOVANOVIĆ R.: Koncentracija jona u prizemnom sloju vazduha i koeficijent unipolarnosti jona. Sedmi kongres matematičara, fizičara i astronoma Jugoslavije. Zbornik radova, Budva, 1980.
4. RADOVANOVIĆ R., DŽAMBASEVIĆ M.: Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. XI simpozijum o zaštiti od zračenja. Zbornik radova, Portorož, 1981, s. 131.

Brzina jonizacije vazduha i ravnotežna koncentracija jona

RADOVANOVIĆ R.

Medicinski fakultet - Institut za
biofiziku, Beograd

DŽAMBASEVIĆ M.

Vojna akademija kopnene vojske

B E O G R A D

U V O D

Na koncentraciju jona u prizemnom sloju vazduha utiče čitav niz parametara. Sa ekološkog stanovišta od bitnog značaja su koncentracije lakih i teških jona u vazduhu radne i životne sredine. Laki joni su naelektrisane čestice pokretljivosti $1-3 \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{s}$, a teški joni su naelektrisane čestice pokretljivosti $2 \cdot 10^{-4} - 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{s}$ (1). Takođe, na jonsko stanje vazduha bitno utiče i koncentracija elektroneutralnih čestica.

Brzina jonizacije vazduha je broj nastalih jonskih parova u jedinici zapremine vazduha za jedinicu vremena. Ova veličina zavisi od jačine ekspozicione doze jonizujućeg zračenja, temperature, atmosferskog pritiska itd. Sve navedene veličine u prirodnim uslovima su promenljive, a prema tome i brzina jonizacije vazduha na bilo kojoj lokaciji je promenljiva veličina.

Model ravnotežne koncentracije jona u vazduhu

Na osnovu naših istraživanja proizilazi da se brzina jonizacije vazduha može izračunati kao:

$$A = 2,17 \cdot \dot{X} \frac{p}{T} \quad (1)$$

gde su: \dot{X} - jačina ekspozicione doze jonizujućeg zračenja (pC/kg·s),
 p - atmosferski pritisak (mbar), T - temperatura vazduha (K) i A -
 - brzina jonizacije.

Polazeći od konstatacije da koncentracija elektroneutralnih čestica (N) izražene kao broj čestica radijusa 7 mm do 100 mm u cm^3 vazduha, može se za kratko vreme uspostaviti ravnotežna koncentracija lakih jona (N_r), tako da je

$$N_r = \frac{\sqrt{(\eta N)^2 + 4\alpha \cdot 2,17 \frac{p}{T} \dot{X}} - \eta N}{2} \quad (2)$$

η - je koeficijent rekombinacije lakih jona i elektroneutralnih čestica, a α - koeficijent rekombinacije lakih jona različitog znaka. Ovi koeficijenti zavise od temperature i pritiska (2), što se može prikazati kao:

$$\alpha \sim 0,0024 pT^{-5/2} \quad (3)$$

$$\eta \sim 0,0020 pT^{-5/2} \quad (4)$$

Kako se atmosferski pritisak menja s nadmorskom visinom to se izrazi 3 i 4 mogu napisati kao:

$$\alpha \sim 6,68 \cdot e^{-0,034 \frac{h}{T}} \cdot T^{-5/2} \quad (5)$$

$$6,08 \cdot e^{-0,034 \frac{h}{T}} \cdot T^{-5/2} \quad (6)$$

gde je h - nadmorska visina izražena u metrima. Polazeći od relacije 2 proizilazi da će pri smanjenju α i η rasti ravnotežna koncentracija lakih jona.

Značajno je odrediti i ravnotežnu koncentraciju teških jona

(N_{lr}) iz uslova

$$\eta_n N = 5 \cdot 10^{-8} \left(\frac{300}{T} \right)^{1/2} \cdot N_{lr}^2 \quad (7)$$

odnosno,

$$N_{1r} = \sqrt{\frac{\eta n N}{5 \cdot \left(\frac{300}{T}\right)^{1/2}} \cdot 10^8} \quad (8)$$

Prethodna razmatranja primenili smo na izračunavanje ravnotežne koncentracije jona u vazduhu u Beogradu. U ovom slučaju smo uzeli da je prosečna jačina ekspozicione doze jonizujućeg zračenja u Beogradu na visini 1 m iznad tla

$$\dot{X} = 1,0 \text{ pC/kg} \cdot \text{s}$$

Za atmosferski pritisak od

$$p = 1013 \cdot e^{-\frac{0,034 \cdot 150}{291}} = 995 \text{ mbar}$$

odnosno $T = 291 \text{ K}$ i nadmorsku visinu $h = 150 \text{ m}$, prosečna brzina jonizacije po relaciji 1. je

$$A = 7,44 \text{ j p/cm}^3 \cdot \text{s}$$

Za iste uslove je $\alpha = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$, a $\eta = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$. Uzimajući da je koncentracija elektroneutralni čestica u Beogradu oko $N = 2 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$ i zamenom ovih vrednosti u relaciji 2, dobija ravnotežna koncentracija lakih jona u Beogradu:

$$n_r = \frac{\sqrt{(1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^4)^2 + 4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 7,44} - 1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^4}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6}} = 263 \text{ jp/cm}^3.$$

U Beogradu u vazduhu na otvorenom prostoru presečna vrednost koeficijenta unipolarnosti lakih jona je 1,1 (3), pa je koncentracija lakih negativnih jona: $n^- = 251 \text{ jon/cm}^3$, a pozitivnih $n^+ = 275 \text{ jona/cm}^3$. Ukupan broj ovih jona je $n_{\pm} = 526 \text{ jona/cm}^3$.

Ravnotežnu koncentraciju teških jona u vazduhu u Beogradu izračunali smo po relaciji 8, odnosno

$$N_{1r} = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 263 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 10^8}{5 \cdot \left(\frac{300}{271}\right)^{1/2}}} = 12045 \text{ jona/cm}^3.$$

Kako je koeficijent unipolarnosti teških jona približno isti kako u lakih ($q = 1,1$) sledi da je koncentracija negativnih teških jona $N_1^- = 11470$ jona/cm³, a pozitivnih $N_1^+ = 12620$ jona/cm³. Ukupan broj ovih jona je $N_{\pm} = 24090$ jona/cm³.

Zaključak:

Naša istraživanja ukazuju da koncentracija lakih jona, kao i teških jona, u vazduhu u Beogradu zavisi ne samo od meteoroloških parametara, već i od prisutne koncentracije elektromentralnih čestica i od jačine ekspozicione doze. Ovaj model se može primeniti i na druge sredine pod uslovom da se poznaju navedeni parametri.

Abstract

XV Yugoslav symposium concerning the protection against radiation, Priština, 6-9 june, 1989, Radovanović R., Džambasević M. Velocity of Ionisation in the Air and Balance Concentration of Ions.

In this work the possibility of Sarmation of the model for the ion velocity calculation concentration of ions in it

L i t e r a t u r a

1. PŠEŽESKIJ I. S., DMITRIJEV T.M.: Radiacionye fiziko-hemičeskie procesy v vozdušnoy srede. Atomizdat, Moskva, 1978, s.52.
2. RADOVANOVIĆ R., DŽAMBASEVIĆ M.: Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. XI simpozijum o zaštiti od zračenja. Zbornik radova, Portorož, 1981, s. 131.
3. RADOVANOVIĆ R., DŽAMBASEVIĆ M.: Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu. X simpozijum o zaštiti od zračenja. Zbornik radova, Arandjelovac, 1979, s. 331.

R.S.Pavlović, M.M.Ninković
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne
sredine "Zaštita", p.fah 522., 11001 Beograd

RADIONUKLIDI I NJIHOVA ISPUŠTANJA IZ FUZIONIH ENERGETSKIH POSTROJENJA

1. UVOD

Razvoj tehnologije kontrolisane termonuklearne fuzije i povećanje izvesnosti komercijalne realizacije sve intenzivnije nameće potrebu detaljnije analize uticaja na okolinu, sigurnosnih aspekata i mogućnosti realizacije optimalnih mera zaštite od zračenja, kako osoblja postrojenja profesionalno izloženog zračenju, tako i stanovništva u celini.

Analiza ispuštanja radionuklida iz fuzionih reaktora bila je dugo zapostavljena ili površno radjena u okviru konceptualnih razmatranja dizajna reaktorskih postrojenja. Za mnoga postrojenja nisu čak ni specificirani parametri značajni za procenu količine i strukture ispuštanja. Neke procene je, međjutim, moguće izvesti i iz sličnosti odgovarajućih sistema fuzionih i postojećih fisisionih energetskih postrojenja.

2. D-T-Li GORIVNI CIKLUS

Prva generacija budućih fuzionih reaktora najverovatnije će biti orjentisana na deuterijum-tricijum-litijumski (D-T-Li) gorivni ciklus /1,2/, jer je najverovatnije da će uslovi za uspostavljanje i održavanje procesa kontrolisane fuzije biti realizovani u okviru ovog gorivnog ciklusa. Zbog toga, a i zbog činjenice da se u okviru ovog gorivnog ciklusa ispoljavaju najintenzivnije svi negativni uticaji fuzije, odnosno da bi predviđene ekološke i radiološke konsekvence u okviru drugih potencijalnih gorivnih ciklusa /3/ bile manje, D-T je izabran kao referentno gorivo za generalnu, konzervativnu analizu negativnih implikacija fuzionih energetskih postrojenja.

Osnovne radiološke karakteristike D-T-Li gorivnog fuzionog ciklusa su:

1. Intenzivna produkcija visokoenergetskih (14 MeV) neutrona
2. Zahtev za velikom količinom radioaktivne komponente goriva (tricijum-T) i
3. Zahtev za stvaranjem-oplodnjom tricijuma u fuzionom reaktoru /1/.

Uticaj fuzionih energetskih postrojenja na okolinu u uslovima regularne eksploatacije jako će zavistiti od količine i vrste radionuklida koji se iz njih ispuštaju. Od posebnog značaja su, naravno,

efluenti koji sadrže radioaktivne materijale. Osnovni radionuklidi u inventaru fuzionih energetske postrojenja su tricijum i aktivirani korozioni produkti, ali i aktivirani gasovi atmosfere ovih postrojenja. Količina ispuštenih radionuklida u okolinu zavisi od ukupnog inventara radionuklida u fuzionom energetskom postrojenju i od primenjenih tehničkih mera zaštite za sprečavanje njihovog ispuštanja iz pojedinih komponenata sistema u zgrade postrojenja i okolinu.

3. TRICIJUM

Procena inventara tricijuma u fuzionim postrojenjima izvršena je na referentnim STARFIRE i SS-Li-He Tokamak postrojenjima, čije su, sa aspekta ispuštanja najbitnije karakteristike date u Tablici 1 /2/.

Tablica 1. Parametri postrojenja referentnog gorivnog ciklusa značajni za ispuštanje tricijuma

Parametri	SS-Li-He Tokamak	STARFIRE
Oplodni materijal	Tečni litijum	LiA103
Hladilac	Helijum	H ₂ O
Temperatura hladioca (°C)	200-435	280-320
Strukturni materijal	Nerdjajući čelik	Nerdjajući čelik
Fuziona snaga (MW)	3200	4000
Električna snaga (MW)	1000	1200
Procenat izgaranja	0.067	0.415
Izgaranje tricijuma (g/dan)	380	536
Injekcija tricijuma (g/dan)	5600	1296
Stvaranje tricijuma (kg/a)	7	9
Inventar tricijuma (g)		
Stokiranje	1900	1070
Vakuumske pumpe	250	60
Injektor goriva	80	50
Prečišćavanje goriva	300	150
Gorivna obloga (blanket)	1600	10000
Procesing gorivne obloge	450	280
U k u p n o	4580	11610

Polazna pretpostavka u dizajniranju koncepcije ranih fuzionih reaktora bila je ostvarivanje uslova da brzina ispuštanja tricijuma bude manja nego iz postojećih fisionih reaktora. Ostvarivanje ovih uslova zahtevalo je razvoj i realizaciju odgovarajućeg kontejnenta, jer je inventar tricijuma znatno veći u fuzionim reaktorima. Procenjene brzine ispuštanja tricijuma iz sistema fuzionog postrojenja su u intervalu 3.7E10-3.7E11 Bq/dan, odnosno 0.1 - 1 mg/dan.

Mehanizmi ispuštanja tricijuma iz sistema fuzionih reaktora su permanentno curenje usled nesavršenosti zaptivanja i spojeva na komponentama sistema, propuštanje tricijuma kroz zidove i ispusna mesta, kao i slučajno ispuštanje u rutinskim operacijama i akcidentalna ispuštanja. Za sprečavanje ispuštanja velikih količina tricijuma u okolinu, svi sistemi za procesiranje i stokiranje će najverovatnije biti smešteni u specijalnu zgradu-kontejment. Komponente sistema sa viso-

kim rizikom velikih brzina ispuštanja tricijuma smeštaju se u sekundarne kontejnere sa obezbeđenim sistemima za rutinsko prečišćavanje atmosfere. Na ovaj način može se isticanje u okolinu svesti na 1-0,1% isticanja iz tricijumskih pod sistema fuzionog postrojenja. U tablici 2 date su okvirne vrednosti godišnjeg ispuštanja tricijuma u okolinu iz komponenata fuzionih reaktora. Značajno je napomenuti da se ispuštanja iz plazma komore i gorivnih pod sistema uglavnom dešavaju u povremenim intervencijama (popravke, remont i sl.) na njima. Takođe, procena ispuštanja iz rashladnog sistema iz referentnog STARFIRE postrojenja učinjena je na bazi iskustva na CANDU (Canada Deuterium Uranium) reaktorima.

Tablica 2. Okvirna procena isticanja tricijuma iz komponenata fuzionog reaktora

	Brzina isticanja tricijuma (Bq/a)		
	STARFIRE		SS-Li-He
	Atmosfera	Vode	Atmosfera
Plazma vakuumski i sistemi gorivnog ciklusa	1.24E14-1.49E14		2.22E14-3.31E14
Sistem hladioca	1.01E14	3.37E13	2.78E12
Sistemi čvrstih RAO	1.35E13		1.35E13
U k u p n o	2.38E14-2.64E14	3.37E13	2.38E14-3.47E14

4. AKTIVACIONI PRODUKTI

Kao i kod konvencionalnih fisionih nuklearnih reaktora, najveća količina rutinskog ispuštanja aktivacionih produkata iz fuzionih reaktorskih sistema potiče iz procesinga tečnog otpada i ventilacionih sistema zgrada sa postrojenjima koji mogu uzrokovati opterećenje atmosfere radionuklidima nastalih neutronsom aktivacijom konstituentata atmosfere.

Tablica 3. Količine ispuštanja aktivacionih produkata iz referentnog fuzionog reaktora

Radionuklid	Vreme poluraspada	Ispuštanja (Bq/a)	
		u atmosferu	u vodu
Cr-51	27.71 dan		6.0E8
Mn-54	312.5 dan	1.79E9	3.7E8
Mn-56	2.58 h		7.0E6
Fe-55	2.7 a		4.1E9
Fe-59	44.6 dan	5.6E8	9.6E6
Co-58	71.3 dan	5.6E9	6.0E8
Co-60	5.272 a	2.5E9	4.8E8
U k u p n o		1.0E10	6.3E9

Primarni hladilac sa sistemom za njegovo prečišćavanje je najveći izvor radioaktivne kontaminacije. Najveći deo radionuklida iz primarnog hladioca se u procesu prečišćavanja izdvaja i tretira kao tečni radioaktivni otpad. Zbog curenja primarnog hladioca u sekundarni krug, za smanjenje kontaminacije okoline, mora, takođe, biti

obezbedjen i sistem za monitoring i prečišćavanje hladioca iz sekundarnog kruga. Za procenu curenja primarnog hladioca u sekundarni krug iskorišćena su iskustva sa parogeneratorima sa U cevima za klasična PWR postrojenja, u kojima je tipična brzina curenja primarnog u sekundarni hladilac oko 45 kg/dan. Najznačajniji radionuklidi i količina njihovog ispuštanja dati su u tablici 3.

Količina ispuštanja ovih radionuklida je, pored ostalog, i funkcija ravnotežnih aktivnosti i njihove koncentracije u pojedinim komponentama sistema /4/. Poznavanje ovih parametara je značajno kako za aspekt tretiranja RAO nastalog pri eventualnim zamenama komponenti, tako i za definisanje adekvatnih mera zaštite od zračenja u remontu i pri održavanju postrojenja.

5. ZAKLJUČAK

Na ovom nivou razvoja, planirani fuzioni energetske sistemi sasvim sigurno će predstavljati izvesno ekološko opterećenje, kao što to, uostalom, predstavljaju i sva druga energetska postrojenja bazirana na klasičnim fosilnim i fisionim gorivima. Tehnologija kontrolisane termonuklearne fuzije, medjutim, nudi potencijalno čist, bezbedan i neiscrpan izvor energije, koji može biti i sa ekološkog aspekta prihvatljiviji od fosilnih i fisionih izvora. Stepem u kojem će potencijalna prednost fuzije biti realizovana u praktičnim sistemima biće funkcija opredeljenja za određeni tip sistema, a i rigoroznosti zahteva za minimizaciju uticaja na okolinu i osiguranje maksimalne sigurnosti postrojenja /1/, naravno računajući i sa određenim, društveno prihvatljivim stepenom rizika.

6. ABSTRACT

In this paper some results of radionuclides routinely releases during normal operation of near-term commercial fusion power reactors are summarized. Preliminary release estimates for reference STARFIRE and SS-Li-He Tokamak reactor are given.

7. REFERENCE

- /1/ Johnnie B.Cannon, Clay E.Easterly, Wallace Davis Jr., and Jack S. Watson; ENVIRONMENTAL EFFECTS OF FUSION POWER PLANTS. PART I: EFFLUENTS OTHER THAN TRITIUM, Fusion Technology, Vol.12, Nov.1987.
- /2/ Jack S.Watson, Clay E.Easterly, Johnnie B.Cannon, and J.B.Talbot; ENVIRONMENTAL EFFECTS OF FUSION POWER PLANTS. PART II: TRITIUM EFFLUENTS, Fusion Techn., Vol.12, Nov.1987.
- /3/ William C.Gough and Bernard J.Eastlund; THE PROSPECTS OF FUSION POWER, Scientific American, 1971.
- /4/ INTERNATIONAL TOKAMAK REACTOR, Phase One, Report of the International Tokamak Workshop, IAEA, 1982.

Gršić Z., Todorović D., Hinić Ž., Zarić M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu
životne sredine "Zaštita"

JEDNOSTAVAN RAČUNSKI MODEL ZA ODREĐIVANJE FIZIČKE VISINE
ISPUSTA NA OSNOVU ZADATE PRIZEMNE KONCENTRACIJE KONTINUALNO
ISPUŠTANOG POLUTANTA U ATMOSFERU

Abstrakt. Prikazan je računski model koji se može koristiti za određivanje fizičke visine ispusta, bilo na osnovu zadatah, pretpostavljenih meteoroloških scenarija, bilo na osnovu niza časovnih, realnih meteoroloških uslova na lokaciji budućeg postrojenja, iz koga će se u rutinskom radu kontinualno emitovati polutant (radioaktivnost) u atmosferu. U ovom drugom slučaju, prikazani model je sastavni deo paketa potprograma koda za ocenu pogodnosti lokacije budućeg postrojenja.

Što je veća visina ose perjanice polutanta veće je razblaženje usled vertikalnog razvejavanja koje se odvija pre nego što se efekti ispuštanja polutanta u atmosferu opaze pri tlu. Prizemna koncentracija polutanta iz izvora visine H je obrnuto proporcionalna sa H^2 , u skladu sa teorijskim modelom koji se obično koristi. Ovo znači da je značajna važnost pripisana veličini H i specijalno nadvišenju ΔH , iznad visine ispusta, koje je rezultat mehaničkog ili termičkog potiskivanja polutanta u visinu. U praksi mnogo veća pažnja se posvećuje termičkim efektima. Ovaj proces (mehanizam), međutim veoma je složen i još uvek ne postoji kompletna i tačna teorija o njemu. Kombinacijom nekoliko poluempirijskih teorija, sa mnogo više eksperimentalnih izučavanja, dobijen je veliki broj formula za podizanje (nadvišenje) oblaka polutanta. U ovom radu korišćen je model Briggsa iz 1969.g. Osnovne jednačine modela za proračun nadvišenja ΔH , date su za dva različita slučaja:

1. Temperatura polutanta jednaka temperaturi okolnog vazduha

1.1. Neutralni i nestabilni uslovi

$$\Delta H = 1.44(w_0/u)^{2/3} (x/D)^{1/3} D \quad (1)$$

ΔH - nadvišenje

w_0 - vertikalna brzina emisije polutanta

x - rastojanje od izvora niz vetar

u - brzina vetra na nivou emisije

D - unutrašnji dijametar ispusta

Ako je $w_0 < 1.5u$, od jednačine (1) oduzima se izraz

$$C = 3(1.5 - w_0/u)D \quad (2)$$

pa se tako dobijena vrednost upoređuje sa

$$\Delta H = 3(w_0/u)D \quad (3)$$

Manja od ove dve vrednosti predstavlja rešenje za ΔH .

1.2. Stabilni uslovi

Vrednosti dobijene po (1) i (3) porede se sa vrednostima dobijenim po

$$\Delta H = 4 (F_m/S)^{1/4} \quad (4)$$

$$\Delta H = 1.5(F_m/u)^{1/3} S^{-1/6} \quad (5)$$

$$F_m - \text{parametar fluksa količine kretanja } F_m = (w_0 D/2)^2 \quad (6)$$

$$S - \text{parametar stabilnosti } S = (g/T)(\theta/z) \quad (7)$$

g - gravitaciono ubrzanje

T - ambijentna temperatura

$\theta/\theta z$ - vertikalni gradijent potencijalne temperature vazduha.

Najmanja vrednost dobijena pomoću (1), (3), (4) i (5) predstavlja rešenje za ΔH .

2. Temperatura polutanta viša od temperature okolnog vazduha

2.1. Neutralni i nestabilni uslovi

$$\Delta H = 1.6F^{1/3} u^{-1} x^{2/3}; \quad x < x^* \quad (8)$$

$$\Delta H = 1.6F^{1/3} u^{-1} x^{*2/3} f(x/x^*); \quad x > x^* \quad (9)$$

$$f(x/x^*) = ((2/5) + (16/25)(x/x^*) + (11/5)(x/x^*)^2)(1 + (4/5)(x/x^*))^{-2} \quad (10)$$

$$x^* = 0.43F^{2/5} (\beta^{-1} u \varepsilon^{-1})^{3/5}; \quad \beta \approx 1.0$$

$$F = g Q_H / \kappa \rho c_p T_0$$

Q_H - brzina emisije toplote

ε - brzina disipacije turbulენტne kinetičke energije po jedinici mase vazduha

T_0 - temperatura emitovanog polutanta.

2.2. Stabilni uslovi

$$\Delta H = 2.9(F/uS)^{1/3} \quad (11)$$

Za proračun efektivne visine h izbačenog polutanta zadate temperature, vertikalne brzine emisije w_0 i sa zadatim unutrašnjim di-

jametrom ispusta, za date meteorološke uslove korišćen je jednostavan pravolinijski Gausov model dimne perjanice:

$$X/Q = (2\pi\sigma_y\sigma_z u)^{-1} e^{-y^2/2\sigma_y^2} (e^{-(z-h)^2/2\sigma_z^2} + e^{-(z+h)^2/2\sigma_z^2}) \quad (12)$$

X - koncentracija polutanta

Q - jačina izvora

h - efektivna visina

u - brzina vetra na visini ispusta

σ_y - standardna devijacija raspodele koncentracije u pravcu y ose

σ_z - standardna devijacija raspodele koncentracija u pravcu z ose.

Do tražene efektivne visine ispusta h, u ovom modelu, dolazi se proizvoljnim brojem iteracija i računanjem desne strane jednačine (12). Rešenje za efektivnu visinu h dobija se ispitivanjem zadovoljenja zadatih kriterijuma, koji međjutim mogu biti dosta složeni. Pored zahteva npr., u pogledu visine srednje časovne prizemne koncentracije izbačenog polutanta, može se proizvoljno zadati broj i raspored tačkaka u kojima se traži da zadati kriterijum bude zadovoljen, zatim se proizvoljno može menjati vreme usrednjavanja, itd.

Kako se dobijena vrednost h sastoji iz dva člana:

$$h = H + \Delta H \quad (13)$$

fizička visina ispusta H (zadatog unutrašnjeg dijametra i karakteristika ventilacije), dobija se iz (13) za dati set meteoroloških uslova, posle računanja nadvišenja ΔH po pomenutim Briggsovima formulama.

Kao što je ranije pomenuto, ovaj model može da se koristi samostalno sa idealnim meteorološkim scenarijima, ili kao deo jednog velikog programskog sistema za proračun disperzije.

U prvom slučaju javljaju se problemi zbog neuračunavanja učestanosti pojavljivanja meteoroloških scenarija korišćenih za proračune, zbog čega može doći do neodgovarajućeg dimenzionisanja budućeg ispusta (i držeći se konzervativnog pristupa, koji se realno u takvim situacijama nameće, do predimenzionisanja visine ispusta).

U drugom slučaju, moguće je realnije proceniti visinu dimnjaka ali se pri tome zahteva mnogo ozbiljnija meteorološka obrada buduće lokacije.

Ekonomska analiza jednog i drugog rešenja, bila bi verovatno presudni kriterijum za izbor jednog ili drugog pristupa u modelovanju visine ispusta budućeg nuklearnog ili nekog drugog potencijalnog zagadjivača okoline.

Rezime. Prikazani model je vrlo jednostavan i praktičan, i omogućava da se po dva pristupa izmodeluje visina ispusta budućeg nuklearnog (ili nekog drugog) postrojenja prema zadatim kriterijumima, na osnovu idealnih ili realnih meteoroloških podataka. Isto tako, model omogućava jednostavnim menjanjem ostalih parametara ispusta, da se proračuna visina za svaki set izabranih parametara. Prikazani model je instaliran u IBK na mikroracunaru ATARI 520 ST+.

Abstract. A simple numerical model for estimating physical stack height is shown. Model is based on plume rise formulae from Briggs (1969), and on Gaussian straightline plume model. It is possible to calculate plume rise with ideal meteorological scenario or with real meteorological data from location of future nuclear (or other) potential source of air pollution, using defined criterions.

Literatura

1. Biggs, G.A., 1969, Plume Rise, U.S. Atomic Energy Commission Div. Tech. Inf.
2. Hanna, S.R., Briggs, G.A. and Hosker, R.P., 1982, Handbook on Atmospheric, Technical Information Center, U.S. Department of Energy.

XV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Priština, 6.-9.06.1989.

PRIRODNA RADIOAKTIVNOST U NEKIM JUGOSLAVENSKIM GRADJEVINSKIM MATERIJALIMA

Lulić, S. i Barišić, D.

OOOR Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

Sažetak

Provedeno je mjerenje specifične aktivnosti ^{232}Th , ^{226}Ra i ^{40}K u konvencionalnim građevinskim materijalima (betoni i cementi). Upotrijebljen je jednostavan model da se iz dobivenih rezultata izračuna vanjska doza ozračenja za ljude koji žive u tipičnoj jugoslavenskoj kući.

Uvod

Radionuklidi sadržani u građevinskom materijalu predstavljaju glavni izvor gama ozračivanja ljudi u zatvorenim prostorima. Standen (1) je izračunao srednje doze ozračivanja za stanovništvo kao i omjer gama doza između zatvorenog i otvorenog prostora. Taj omjer za objekte građene od drveta iznosi 0,95, za objekte građene od betona 1,42 te za objekte građene od opeka 1,60. Za zatvoreni prostor, doze prvenstveno ovise o vrsti građevinskog materijala koji je korišten u izgradnji objekata kao i o provjetranju prostorija. Upotreba industrijskih otpadnih materijala s povišenim sadržajem prirodnih radionuklida (šljaka i pepeo iz termoelektrana na ugljen, troska iz visokih peći) u industriji građevinskih materijala rezultira povećanjem ozračenja stanovništva.

Experimentalni dio

Uzorci betona dobiveni su miješanjem mineralnog agregata (vapnenački tucanik) s vodom i cementima. Korišteni cementi sadržavali su različite količine pepela iz termoelektrana na ugljen i/ili troske iz visokih peći (Tablica 1).

Betonske kocke napravljene iz smjese datih u Tablici 1 su samljevene u mlinu. Dobiveni uzorci smješteni su u Marinelli posude koje su hermetički zatvorene u cilju uspostavljanja radiokemijske ravnoteže između ^{214}Bi i ^{226}Ra . Tvornički uzorci cementa mjereni su također u Marinelli posudama tek nakon uspostavljanja navedene radiokemijske ravnoteže. Mjerenja su izvršena na sistemu Ge(Li) detektor - 4096 kanalni ana-

lizator Canberra. Vrijeme mjerenja pojedinog uzorka iznosilo je 60000 sekundi.

Tablica 1. Sastav analiziranih uzoraka betona

Uzorak	S a s t a v
1.	mineralni agregat + cement bez dodataka
2.	mineralni agregat + cement s 10% troske
3.	mineralni agregat + cement s 10% troske i 10% pepela
4.	mineralni agregat + cement s 20% troske
5.	mineralni agregat + cement s 20% pepela
6.	mineralni agregat + cement s 10% pepela

Rezultati mjerenja

Specifične aktivnosti ^{232}Th , ^{226}Ra i ^{40}K u mjerenim uzorcima prikazane su u Tablici 2. U istoj tablici dati su i H-indeksi kao i gama doze od vanjskog ozračivanja (D). H-indeks definiran je Pravilnikom o maksimalnim granicama radioaktivne kontami-

Tablica 2. Specifična aktivnost radionuklida, pripadni H-indeksi i doze (D) u mjerenim uzorcima

Uzorak	Specifična aktivnost (Bq/kg)			H Indeks	D mSv
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K		
Beton 1.	40 ± 4	5 ± 1	51 ± 6	0,13	0,17
Beton 2.	53 ± 2	4 ± 1	47 ± 5	0,16	0,19
Beton 3.	72 ± 2	4 ± 1	59 ± 5	0,21	0,25
Beton 4.	69 ± 2	4 ± 1	56 ± 5	0,20	0,24
Beton 5.	78 ± 2	4 ± 1	50 ± 5	0,22	0,27
Beton 6.	56 ± 3	4 ± 1	56 ± 5	0,17	0,20
Cement 1.	122 ± 3	19 ± 1	244 ± 5	0,43	0,52
Cement 2.	84 ± 3	16 ± 1	213 ± 7	0,32	0,38
Cement 3.	295 ± 5	21 ± 1	246 ± 9	0,87	1,05

nacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije (2). U članu 14. navedenog Pravilnika date su maksimalne granice radioaktivne kontaminacije građevinskog materijala koji se upotrebljava u visokogradnji tj. građevinski materijal mora zadovoljavati uvjet:

$$H = \frac{C(\text{Ra})}{400} + \frac{C(\text{Th})}{300} + \frac{C(\text{K})}{5000} + \frac{C(\text{Umjet.})}{4000} \leq 1$$

gdje su C koncentracije radionuklida izražene u Bq/kg.

Na osnovi izmjerenih koncentracija ^{232}Th , ^{226}Ra i ^{40}K izračunata je doza ozračenja (D) za ljude koji borave u zatvorenom prostoru. Doza D računata je iz relacije:

$$D = p T b 10^{-6} (q(K)C(K) + q(\text{Ra}) C(\text{Ra}) + q(\text{Th}) C(\text{Th})) \text{ mi}$$

gdje je: D - vanjska doza ozračenja (mSv)
 p - faktor vremena boravka u zatvorenom prostoru (0,8)
 T - broj sati u godini (8766)
 b - konverzijski faktor absorbirane doze u zraku (0,7 Sv/Gy)
 mi - mass faktor za materijal i u referentnoj sobi (prostoru)
 C(Ra), C(Th), C(K) - specifična aktivnost radionuklida u građevinskom materijalu (Bq/kg)
 q(Ra), q(Th), q(K) - konverzijski faktori za pretvaranje specifične aktivnosti radionuklida u građevinskom materijalu u absorbiranu dozu u zraku u zatvorenom prostoru

Pošto doza ozračenja u zatvorenom prostoru ovisi o debljini zida, gustoći građevinskog materijala, veličini prostorije i sadržaju radionuklida u građevinskom materijalu (3), mi smo koristili Ackersov (4) standardni model sobe. Ovaj model pretpostavlja da se radi o sobi dimenzija 6 x 4 x 3 metra i da su zidovi napravljeni od cementa i opeka u omjeru 60/40.

Za ovaj model sobe, konverzijski faktori iznose:

$$\begin{aligned} q(\text{Ra}) &= 0,62 \text{ nGy/h po Bq/kg} \\ q(\text{Th}) &= 0,89 \text{ nGy/h po Bq/kg} \\ q(\text{K}) &= 0,054 \text{ nGy/h po Bq/kg} \end{aligned}$$

Zaključak

Iz podataka prikazanih u Tablicama 1 i 2 vidljivo je da apsorbirane doze gama zračenja u zatvorenim prostorijama rastu s porastom količina šljake, pepela ili troske koje su dodane cementima. Rezultati prikazani u Tablici 2 pokazuju da se najniže doze mogu očekivati u slučaju kad se za izradu betona koristi cement za čiju proizvodnju nisu korišteni troska iz visokih peći ili pepeo i šljaka iz termoelektrana na ugljen. Najveće doze čovjek bi apsorbirao ukoliko bi objekti u kojima boravi bili građeni od opeka i cementa u čijoj su proizvodnji korišteni čvrsti ostaci izgaranja ugljena u termoelektranama (Cement 3. s 30% pepela iz termoelektrane na ugljen). Uočljivo je da apsorbirane doze koje potječu iz građevinskih materijala znatno premašuju doze uvjetovane radom nuklearnih elektrana. Stoga bi problemu korištenja čvrstih produkata izgaranja ugljena u termoelektranama, a čiji je nivo prirodne radioaktivnosti ponekad znatno povišen, u industriji građevinskih materijala trebalo i ubuduće poklanjati nužni pažnju.

Literatura

1. E. Standen, Population doses from environmental gamma radiation in Norway. *Health Phys.* 33 (1977) 319.
2. Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije. *Sl. list SFRJ* br. 8 (1987) 226.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982. Report of the General Assambly, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. UNSCEAR, New York.
4. J.G. Ackers, B.F.M. Bošnjaković and L. Strackee, Limitation of radioactivity concentrations in building materials based on a practical calculation model. *Radiat. Prot. Dosimetry* 7 (1-4) (1984) 413.

PRAKTIČNA ISKUSTVA RADIJACIONE PROSPEKCIJE
IZ PERIODA NESREĆE U ČERNOBILU

Šmelcerović M., Marković S., Stojanović D., Petrović B.*

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

* Veterinarski fakultet Univerziteta u Beogradu

KRATAK SADRŽAJ : Radijaciona prospekcija terena, sa ciljem sagledavanja opšte radijacione situacije, vrši se merenjem jačine ekspozicione doze, merenjem kontaminacije tla, vode, zelene mase, vazduha i drugih materijala. Postupak postaje složen ako su u pitanju velike površine, kao što je bio slučaj u vreme nuklearnog akcidenta u Černobilu. Procena razvoja radijacione i kontaminacione situacije zahteva ažurno pribavljanje podataka, tako da ljudski i materijalni resursi moraju biti racionalno upotrebljeni. Upotreba vozila ili letilica za prospekciju velikih površina zahteva posebne postupke kalibracije merne opreme, kao i tumačenja rezultata merenja. U radu je opisan deo praktičnih iskustava iz poslova radijacione prospekcije terena za vreme pomenute nuklearne nesreće.

U V O D

Razvoj radijacione situacije u slučaju većih akcidenata treba pratiti iz časa u čas. Pored snimanja nastale situacije potrebno je odrediti nivo kontaminacije koji se mogu očekivati bar u skorijem vremenu od trenutka nuklearnog udesa. Depozicija radioaktivnog materijala zavisi od mnogih parametara, od kojih se neki mogu meriti a neki predvideti. Na žalost, nesreća u Černobilu je pokazala da ponekad ni uz najveća zalaganja nije moguće izmeriti potrebne parametre i pouzdano predvideti razvoj radijacione situacije. Iz navedenog sledi da je i dalje potrebno verovati prvenstveno u svoje snage i biti spreman da se na svojoj teritoriji izvrši radijaciona prospekcija terena u kratkom vremenu i sa dobijanjem dovoljno rezultata za davanje preporuka i preduzimanje mera zaštite. Za merenja jačine ekspozicione doze na visini od 1 m i procenu nivoa kontaminacije na osnovu ovih rezultata neophodna su

posebna merenja kombinovana sa specifičnim izračunavanjima . U ovom radu dati su osnovi ovih postupaka i sugerisani su potrebni pripremni radovi u istraživanjima i razvoju, kako bi se eventualna naredna vanredna radijaciona situacija spremnije dočekala.

M E R E N J E J A Č I N E E K S P O Z I C I O N E D O Z E

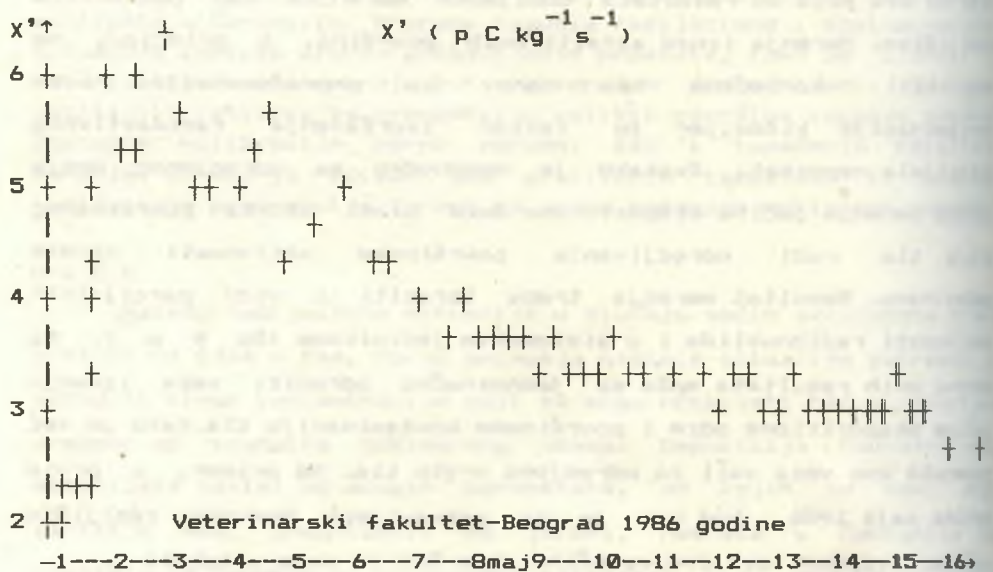
Merenje jačine ekspozicione doze treba vršiti verifikovanim nuklearnim merilom klase I ili II prema standardima IAEA na visini od 1 metar iznad tla. Da bi rezultat merenja imao prihvatljivu tačnost tlo mora da bude horizontalno i ravno u krugu čiji je prečnik bar 100 metara. Pored jačine ekspozicione doze, izmerene i izražene u sistemskim jedinicama ($C * kg^{-1} * s^{-1}$), potrebno je uz rezultat definisati i vrstu tla nad kojim je merenje izvršeno. Na primer, rezultati iznad humusnog zemljišta su se razlikovali za više od dva puta od rezultata dobijenih merenjem nad peskovitim zemljištem. Merenja iznad asfaltiranih površina, u principu, ne mogu biti korišćena kao osnov za proračunavanje nivoa kontaminacije kišom, jer je faktor zadržavanja radioaktivnog materijala nepoznat. Svakako je neophodno sa odredjenog broja tačaka merenja jačine ekspozicione doze uzeti uzorke površinskog sloja tla radi odredjivanja površinske aktivnosti nanete padavinama. Rezultat merenja treba izraziti u vidu parcijalnih aktivnosti radionuklida i u sistemskim jedinicama ($Bq * m^{-2}$). Na osnovu ovih rezultata može se jednoznačno odrediti veza izmedju jačine ekspozicione doze i površinske kontaminacije tla. Kako je već pomenuto ova veza važi za odredjenu vrstu tla. Na primer, u prvim danima maja 1986 , kod nas je za zatravljeno humusno zemljište važila zavisnost ove dve veličine, kao što je dato u tabeli 1.

Moguće je davati odnos jačine ekspozicione doze prema nekoj ukupnoj aktivnosti, na primer ukupnoj beta aktivnosti. Tada je potrebno voditi računa da se u toku vremena menja sadržaj pojedinih radionuklida u smeši i potrebno je periodično vršiti korekciju rezultata merenja. Kada se očekuje nailazak oblaka sa kontaminiranim padavinama potrebno je učestalo vršiti merenja radi dobijanja zavisnosti kontaminacije od vremena. Po prestanku radioaktivnih padavina treba takodje vršiti stalna merenja jačine

ekspozicione doze i to u dužem vremenu. Sva merenja se obavljaju pod istim uslovima i u istoj mernoj tački. Sa stanovišta zaštite, izmedju ostalih, treba odabrati i merno mesto u centru grada, radi pravilne procene ugroženosti stanovništva. Ovo je učinjeno i u Beogradu (Veterinarski fakultet) a rezultati su prikazani na sl.1.

TABELA 1 Odnos jačine ekspozicione doze i površinske aktivnosti zemljišta (humus - livada) u maju 1986 u Beogradu. $X' = X_0^2 + a \cdot A_p$

Datum	2 maj 1986	12 maj 1986	22 maj 1986
a (a C m ² kg ⁻¹ s ⁻¹ Bq ⁻¹)	890	910	930



Sl.1 Jačina ekspozicione doze u zavisnosti od vremena.

Napominje se da su merenja jačine ekspozicione doze nesigurna ako u atmosferi postoji radioaktivni materijal po aktivnosti porediv sa istaloženim nivoima aktivnosti. Za odredjivanje ovog sadržaja neophodna su merenja uz pomoć helikoptera uz primenu složenih postupaka merenja i izračunavanja.

Za prospekciju velikih kontaminiranih površina pogodno je upotrebiti vozila i vršiti očitavanja rezultata merenja na odredjenim rastojanjima. Za ova merenja, neophodno je, snimiti u vladajućim uslovima koeficijent umanjenja pokazivanja mernog instrumenta i pri davanju rezultata iste treba korigovati. Ova kalibracija treba pažljivo da se izvrši ako se vozilo kreće putem.

ZAKLJUČAK

Izneti deo iskustava iz rada u periodu maj- juli 1986 godine ukazuje na niz problema u praktičnom radu pri prospekciji velikih i značajno kontaminiranih površina. Može se zaključiti da i dalje treba raditi na doradi postupaka i pratećih uputstava i pravilnika kojima bi se u budućnosti ova vrsta rada učinila celishodnijom i delotvornijom.

PRACTICAL EXPERIENCES OF RADIOLOGICAL RECONNAISSANCE DURING THE CHERNOBYL ACCIDENT

Summary : Radiological reconnaissance in order to recognize radiological situation as a whole, is subject to the measurements of the exposure dose rate as well as to sampling the ground water and air. This procedure has been extremely complexed when the large areas are contaminated, such case being during the Chernobyl accident. The procedures for radiological reconnaissance have been described in the paper, based on the experiences gained during the Chernobyl accident.

LITERATURA

1. Marković S., Stojanović D., Tiosavljević S.; The Levels of the Radiation Field and Contamination at a Site 160 km Away from Chernobyl; Proceedings of XIV Regional Congress of IRPA, p.271, (1987)
2. Petrović B. i drugi; Izvestaj o radu u vremenu posle Černobilskog akcidenta predat SKZRSP ; (1986), Beograd.
3. Šobajić M., Damljanović D., Koturović A., Šmelcerović M., Brndarević V.; Development of the Electronic Radiation Protection Instruments at the Boris Kidrič Institute; Proceedings of XIV Regional Congress of IRPA, p.413,416; (1987); Cavtat, Yugoslavia.

ODREĐIVANJE KALIJUMA - 40 METODOM " DEBELOSLOJNOG
UZORKA" U CIKLUSU OVČARSKJE PROIZVODNJE

Ginda N.^{*}, Djurić Gordana,^{**} Šmercerović M.^{***}

^{*} Savezni komitet za poljoprivredu, Beograd

^{**} Veterinarski fakultet, Beograd

^{***} Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",
Vinča , Beograd

Krataj sadržaj : Dati su optimalni uslovi za korišćenje metode "debeloslojnog uzorka" za određivanje masene aktivnosti kalijuma-40 u ciklusu ovčarske proizvodnje, a u terenskim uslovima rada. Određjena je osetljivost i greška merenja pomenute metode a u odnosu na različite nosioce radionuklida, odnosno uzorke , kao i za određeno vreme merenja brzine brojanja uzorka. Rezultati pokazuju da se pomoću metode "debeloslojnog uzorka" može da odredi masena aktivnost kalijuma-40 reda veličine 100Bq/kg za vreme merenja brzine brojanja uzorka od 10.000 s, a sa greškom od \pm 20%.

U V O D

U oblasti radioekoloških istraživanja, kao i u svim oblastima zaštite od jonizujućeg zračenja, jedan od uslova za dobijanje verodostojnih rezultata je izbor metode merenja, identifikacije radionuklida i određivanja aktivnosti radioaktivnih izvora. Sve ove metode zasnivaju se na interakciji zračenja i sredine. Procesi su vrlo kompleksni i zbog toga se javlja veliki broj grešaka. Za dobijanje verodostojnih rezultata potrebno je ustanoviti sve izvore grešaka i odrediti korekcije za iste (Man et al, 1980).

U slučaju radioaktivnog zagadjivanja životne sredine širih razmera, potrebno je masovno meriti veliki broj različitih uzoraka. Postojeće standardne metode (spektrometrija gama zračenja, radiohemijske i druge metode) i profesionalno specijalizovani kadar u takvim situacijama nisu dovoljni, da bi u potpunosti zadovoljili sve zahteve, kao što je pokazalo iskustvo iz Černobil-

ske situacije.

Iz ovog razloga razvoj brzih trijažnih metoda za određivanje masene aktivnosti radionuklida je opravdan, ne samo kao dopuna postojećim metodama, već što ove metode treba da koriste stručnjaci iz oblasti koje su od izuzetnog značaja za proizvodnju zdrave vode, namirnica, stočne hrane i dr. (Ginda, 1988).

Radiometrijske trijažne metode moraju da budu jednostavne, ekonomične i relativno brze i da daju odmah upotrebljiv rezultat (Bq/kg) sa greškom ne većom od $\pm 20\%$. To znači da mogu da se primenjuju u terenskim uslovima rada (Šmercerović i dr. 1986).

Cilj ovog rada je da se prikaže jedna metoda za određivanje kalijuma-40 u ciklusu ovčarske proizvodnje. Radionuklid kalijum-40 izabran je iz razloga jer je najrasprostranjeniji radionuklid u životnoj sredini, a iz saznanja da su prirodni radionuklidi osnov za donošenje normi i preporuka u cilju efikasne zaštite od jonizujućih zračenja. Ovčarska proizvodnja je najugroženija od radioaktivnog zagadjivanja u slučaju nuklearnih nesreća širih razmera.

METODE RADA

Metoda određivanja ukupne masene aktivnosti na tzv. "debeloslojnom uzorku" zasniva se na principu da je

$$A_m = R_u^* \times F \quad (\text{Bq/kg}) \dots\dots\dots (1)$$

gde je R_u^* - brzina brojanja uzorka (imp/s), a F- faktor koji uključuje sve korekcije koje su potrebne da se brzina brojanja iz (imp/s) prevede u (Bq/kg).

"Debeloslojni uzorak" je takve debljine da u materijalu nosača radionuklida beta čestice maksimalne energije ostavljaju svu svoju energiju. Metoda koristi aluminijumske apsorbere za apsorpciju beta zračenja i korekciju na samoapsorpciju beta zračenja (Šmercerović, 1975). Ova metoda je razvijena za nuklearno merilo SVIT-10-OK-1 (IBK, Vinča). U ovom radu, metoda je razvijena za nuklearno merilo SVIT-10-OK-2, koje kao detekcioni sistem koristi GM brojač Philips 18536, efikasan za detekciju beta zračenja, aksijalno simetričan, sa rastojanjem radioaktivni izvor - GM brojač 8 mm. Uzorak se priprema u aluminijumskim posudama ($\phi = 40$ mm, $h = 12$ mm) u nativnom stanju. U ovom radu uzorci zemlje, trave, ovčijeg mesa i mleka sakupljeni su u toku tri godine, homogenizovani i preparisani za radiometriju na pomenuti način.

Pored toga, određena je efikasnost detekcionog sistema za određivanje masene aktivnosti kalijuma-40 u pomenutim uzorcima (ϵ_m). Radi lakšeg određivanja masene aktivnosti definisan je koeficijent K kao $K = 1/\epsilon_m$, a koji omogućava da se brzina brojanja (imp/s) prevede u Bq/kg. Ovaj koeficijent određen je za svaki nosač radionuklida. Takodje, osnovno brojanje ("fon") mereno je u dužem vremenskom periodu da bi se utvrdila stabilnost rada uredjaja, kao i uslovi rada uopšte. Vreme merenja i osnovnog brojanja i uzoraka bilo je 10.000 s. Metoda spektrometrije gama zračenja korišćena je kao etalona metoda za određivanje masene aktivnosti kalijuma-40 (Djurić, 1980).

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Srednja vrednost brzine osnovnog brojanja ("fona") u vremenu od tri godine bila je $0.234107 \pm 2.73481 \times 10^{-4}$ imp/s.

Efikasnost detekcije beta zračenja (ϵ_m) za standardni izvor KCl i za pojedine nosače ovog radionuklida (uzorke) data je u Tabeli 1.

Tabela 1. Efikasnost detekcije beta zračenja (SVIT-10-OK-2)

Uzorak	KCl	zemlja	trava	meso	mleko
Masa(g)	12.15	13.56	3.1	12.5	9.87
ϵ_m	1.79×10^{-4}	2.07×10^{-4}	2.5×10^{-4}	2.15×10^{-4}	1.79×10^{-4}
%	0.91	5.2	6.1	11.0	4.9

Vrednosti ϵ_m ($\text{imp kg s}^{-1} \text{Bq}^{-1}$) za standardni uzorak KCl i date uzorke su istog reda veličine, a i saglasne su medjusobno u okviru grešaka merenja. Prema tome ova ϵ_m može da se koristi za određivanje masene aktivnosti u datim uzorcima.

Vrednosti koeficijenta K_1/ϵ_m date su u Tabeli 2.

Tabela 2. Koeficijent K_1/ϵ_m za određivanje masene aktivnosti K-40

Uzorak	KCl	zemlja	trava	meso	mleko
K_1/ϵ_m	5587	4410	4836	4974	6067

Na osnovu ovog koeficijenta i brzine brojanja datih uzoraka određena je masena aktivnost kalijuma-40: $A_m = R_u^* \times K_1/\epsilon_m$ (Bq/kg).

Rezultati dobijeni ovom metodom kao i metodom spektrometrije gama zračenja dati su u Tabeli 3.

Tabela 3. Masena aktivnost ^{40}K u uzorcima zemlje, trave, mesa i mleka

Uzorak	KCl	zemlja	trava	meso	mleko	δ %
A_m (DS)	14968	700	765	74	65	20
A_m (GS)	14900	660	610	58	81	10

DS - metoda "debeloslojnog" uzorka, GS - gama spektrometrija

S obzirom na ukupnu grešku merenja i odredjivanja masene aktivnosti ^{40}K za date uzorke, iz priloženih rezultata sledi da postoji zadovoljavajuće slaganje.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata sledi sledeći zaključak:

- varijacije osnovnog brojanja "fona" manja je od $\pm 3\%$ za period od tri godine, što ukazuje da je nuklearno merilo SVIT-10-OK-2 pogodno za rad u terenskim uslovima zbog zadovoljavajuće stabilnosti,
- koeficijenti K_1/ϵ za odredjivanje masene aktivnosti ^{40}K omogućavaju odredjivanje ^{40}K iste u zemlji, travi, mesu i mleku sa greškom od 20%; osetljivost metode je oko ± 100 Bq/kg,
- metoda "debeloslojnog uzorka" preporučuje se kao rutinska trijažna metoda za selekciju uzoraka za dalje radiometrijske metode.

ABSTRACT. The paper presents the optimal conditions for the "thick sample" method to be used for mass activity determination of ^{40}K in sheep breeding cycle in the field. The sensitivity and error of the method are determined in respects to the type of sample and the selected detection time. The results show that the method is suitable for the mass activity of ^{40}K determination up to the 100 Bq/kg with the counting rate time 10.000s and an error of $\pm 20\%$.

Literatura

1. Mann, W.G., Ayres, R.L., Garfinkel, S.B. (1980). Radioactivity and its Measurements, Pergamon press, Oxford.
2. Djurić Gordana (1980). Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd
3. Činda N. (1988). Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd
4. Šmercerović M. (1975). Merenje specifične beta aktivnosti materijala kontaminiranih fisionim produktima metodom debelog uzorka. IBK - publikacija 1350, Vinča, Beograd

XV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Priština, 6.-9.06.1989.

ODREĐIVANJE ^{235}U I ^{238}U GAMA-SPEKTROMETRIJSKOM METODOM NA ENERGIJAMA OKO 186 KeV-a

Barišić, D.

OOOR Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Bijenička 54
41000 Zagreb

Uvod

Pojave migracije i separacije radionuklida uranovog i aktinijevog niza najizraženije su u hidrogeološkim sistemima u kojima su stijene, nosioci radionuklida, podvrgnute procesima trošenja i cirkulaciji vode (1). Ključnu ulogu u migraciji i preraspodjeli elemenata u Zemljinoj kori igraju podzemne vode. Većina članova uranovog i aktinijevog niza imaju različita svojstva u odnosu na ishodišne članove nizova te su stoga podložni kemijskom odvajanju.

Svaki prirodni uzorak urana sadrži 99,275% ^{238}U , 0,72% ^{235}U i ukoliko su prva četiri člana uranovog niza u radiokemijskoj ravnoteži, 0,005% ^{234}U (2). U prirodi, uran se obično javlja kao U(IV) i U(VI), s tim da je znatno topiviji u višem (U(VI)) oksidacijskom stanju. Stoga su koncentracije urana u podzemnim vodama veoma osjetljive na elektrokemijske promjene koje definiraju oksidativno-reduktivne uvjete (3). U oksidativnim uvjetima uran je mobilan, a u reduktivnim uvjetima dolazi do njegovog odlaganja. U oksidativnim uvjetima, u podzemnim vodama dominiraju uranovi kompleksi s hidroksidima, karbonatima, fluoridima, sulfatima i fosfatima. Uran se intenzivno adsorbira na Ti, Zr, amorfni silicij, Fe-hidroksid, hematit, gline i organski materijal. Adsorpciju urana iz podzemne vode inhibiraju karbonatni kompleksi (4,5). Inhibitorno djelovanje karbonata naročito je izraženo pri pH većem od 7.

Radij je također mobilan u podzemnim vodama, pogotovo u kiseloj sredini ili u vodama bogatim kloridima. U alkalnim ili sulfatnim vodama, mobilnost radija znatno je smanjena. Radij se često zamjenjuje s kalcijem i relativno brzo uklanja iz podzemnih voda (zbog sličnih ionskih radijusa (5)).

Torij se adsorbira na glinama, oksidima i organskom materijalu. Adsorpcija torija raste s porastom pH vode i već kod pH 6,5 praktično je potpuno adsorbiran.

Stoga se glavina torija transportira vodom na suspendiranom materijalu (6), a koncentracije torija i urana u podzemnim vodama općenito rastu s porastom količine otopljenih tvari u vodi (7,8,9).

Zbog gore navedenih razloga možemo očekivati da je u prirodnim uzorcima radiokemijska ravnoteža između urana i radija narušena. U slučajevima kada je radiokemijska ravnoteža između ^{238}U i ^{226}Ra u uzorku uspostavljena, aktivnost ^{238}U određuje se obično mjerenjem aktivnosti ^{226}Ra . Pri tom se aktivnost ^{226}Ra u prirodnim uzorcima određuje često korištenom metodom (10,11,12,13) preko ^{214}Bi ili ^{214}Pb . U literaturi je opisana i gama-spektrometrijska metoda određivanja odnosa Ra/U korištenjem foto-vrha na energijama oko 186 KeV-a, u slučaju kada je aktivnost ^{235}U određena nekom drugom radiokemijskom metodom (14) ili u slučaju kada se mjerenja vrše korištenjem hiper čistog germanijskog detektora čija je moć razlučivanja 400 KeV.

U ovom radu opisana je metoda gama-spektrometrijskog određivanja ^{235}U i ^{238}U u prirodnim uzorcima u kojima je uspostavljena radiokemijska ravnoteža između ^{226}Ra i ^{214}Bi korištenjem foto-vrha na energijama oko 186 KeV-a.

Opis metode

Metoda se temelji na mjerenju gama zraka koje emitiraju ^{235}U te neki članovi raspadnog niza ^{235}U i ^{238}U na energijama oko 186 KeV-a. U Tablici 1 prikazani su radionuklidi, njihova pripadnost odgovarajućim radioaktivnim nizovima, energije gama zraka i njihovi intenziteti. Za slučaj postignute radiokemijske ravnoteže između ^{238}U i ^{226}Ra te ^{235}U i ^{223}Fr , dat je i postotni udio pojedinog radionuklida u foto-vrhu na energijama oko 186 KeV-a.

Iz Tablice 1 vidljivo je da, u slučaju radiokemijske ravnoteže, 99,245% registriranih impulsa na energijama oko 186 KeV-a potječe od ^{235}U i ^{226}Ra , dok na sve ostale radionuklide, navedene u Tablici 1, otpada svega 0,755% registriranih impulsa.

U slučaju kada je u uzorku uspostavljena radiokemijska ravnoteža između ^{238}U i ^{226}Ra , te ^{235}U i ^{223}Fr , određivanje specifične aktivnosti ^{235}U i ^{238}U veoma je jednostavno. Registrirani broj dezintegracija u sekundi na energiji oko 186 KeV-a, nakon oduzimanja osnovnog zračenja, pomnožimo faktorom 0,42792 te dobijemo odgova-

TABLICA 1. Radionuklidi, raspadni nizovi, gama energije, intenziteti gama zraka i njihovi postotni udjeli u slučaju radiokemijske ravnoteže na energijama oko 186 KeV-a

Radionuklid	Raspadni niz	E (KeV)**	Intenzitet (%)**	Udio gama zrake (%) u slučaju ravnoteže
²³⁵ U	²³⁵ U	185,72	54	42,792
²³¹ Th	²³⁵ U	183,5	0,0329	0,026
²²⁷ Th	²³⁵ U	184,7	0,033	0,026
²²³ Fr	²³⁵ U	184,5	0,38	0,301
²³⁴ Th	²³⁸ U	184,8	0,0104	0,179
^{234m} Pa	²³⁸ U	184,7	0,0012	0,021
²³⁴ Pa	²³⁸ U	186,0	1,9	0,049
²³⁰ Th	²³⁸ U	185,8	0,0089	0,153
²²⁶ Ra	²³⁸ U	185,99	3,28	56,453

** Ref. (15)

rajući broj registriranih dezintegracija u sekundi (D) koje potječu od ²³⁵U. Uvrštavanjem u jednadžbu:

$$A = \frac{D}{E \times g \times 0,54} \quad (1)$$

gdje je A - specifična aktivnost ²³⁵U (Bq/kg)

D - registrirani broj dezintegracija u sekundi koje potječu od ²³⁵U (imp/sek)

E - efikasnost detektora za korištenu geometriju mjerenja na energiji od 185,72 KeV-a (%)

g - težina uzorka (kg)

dobijemo specifičnu aktivnost ²³⁵U u mjerenom uzorku.

Specifična aktivnost ²³⁸U računa se prema jednadžbi:

$$A (^{238}\text{U}) = \frac{A(^{235}\text{U})}{0,04604} \quad (2)$$

gdje je A (²³⁸U) - specifična aktivnost ²³⁸U (Bq/kg)

A (²³⁵U) - specifična aktivnost ²³⁵U (Bq/kg), računata prema jednadžbi (1)

Faktor 0,04604 predstavlja prirodni odnos aktivnosti ²³⁵U/²³⁸U, a izračunat je na osnovi prirodnog izotopnog odnosa ²³⁵U i ²³⁸U, te njihovih vremena poluraspada (2). Izračunata vrijednost veoma se dobro slaže s najčešće korištenim literaturnim podacima (16,17).

Kao što je u uvodnom dijelu već spomenuto, znatno su češći slučajevi u kojima je radiokemijska ravnoteža između ^{238}U i ^{226}Ra u prirodnim uzorcima narušena. Stoga se uzorak nakon pripreme treba hermetički zatvoriti u posudu za mjerenje te pričekati da se uspostavi radiokemijska ravnoteža između ^{226}Ra i ^{214}Bi (tridesetak dana). U tom slučaju, izmjerena specifična aktivnost ^{214}Bi predstavlja ujedno i specifičnu aktivnost ^{226}Ra . Broj registriranih dezintegracija u sekundi na energiji od 186 KeV-a (Ra - 186 KeV-a), moguće je izračunati iz jednadžbe:

$$(Ra-186 \text{ KeV-a}) = A \times g \times E \times 0,0328 \quad (3)$$

gdje je (Ra-186 KeV) - registrirani broj dezintegracija ^{226}Ra na energiji 186 KeV-a (imp/sek)

A - specifična aktivnost ^{214}Bi određena iz foto-vrha na energiji 609,4 KeV-a (Bq/kg)

g - težina uzorka (kg)

E - efikasnost detektora na energiji od 186 KeV-a (%)

Specifična aktivnost ^{235}U određuje se iz jednadžbe:

$$A = \frac{D/S - (Ra-186 \text{ KeV-a} + b)}{E \times g \times 0,54} \quad (4)$$

gdje je A - specifična aktivnost ^{235}U (Bq/kg)

D/S - registrirani broj dezintegracija u sekundi izračunat iz foto-vrha na energijama oko 186 KeV-a (imp/sek)

Ra-186 KeV-a - registrirani broj dezintegracija koje potječu od ^{226}Ra na energiji od 186 KeV-a (imp/sek), izračunat pomoću jednadžbe (3)

E - efikasnost detektora na energiji od 185,72 KeV-a (%)

g - težina uzorka (kg)

b - osnovno zračenje na energijama oko 186 KeV-a (imp/sek)

Specifičnu aktivnost ^{238}U i u ovom slučaju izračunavamo pomoću jednadžbe

(2). Ukoliko bi se u izračunavanju specifičnih aktivnosti urana koristili nešto veći intenziteti gama zraka na energijama od 185,7 KeV-a i 186 KeV-a, navedeni u novijim radovima (18-21), rezultati bi bili neznatno (cca 3%) niži.

Verifikacija metode

Verifikacija gama-spektrometrijske metode određivanja aktivnosti ^{235}U i ^{238}U preko energije od 186 KeV-a provedena je mjerenjem radioaktivnosti geoloških standarda priredjenih u međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (IAEA) i nacionalnom birou za standarde SAD (NBS). Mjerenja radioaktivnosti standarda provedena su na sistemu Ge(Li) detektor - 4096 kanalni analizator "Canberra". Moć razlučivanja korištenog detektora iznosi 0,45 KeV-a po kanalu. Efikasnost detektora određena je za korištenu geometriju mjerenja pomoću standarda gama emitera ^{152}Eu . Kalibracija analizatora određena je pomoću standardnih gama izvora ^{60}Co i ^{137}Cs poznatih gama energija (proizvodnja The Radiochemical Centre Amersham). Koeficijenti kalibracijskog pravca izračunati su metodom najmanjih kvadrata. Osnovno zračenje mjereno je u trajanju od 180 000 sek. Standardi su mjereni u trajanju, ovisno o količini i aktivnosti, od 5000 sek do 80 000 sek.

Rezultati određivanja radioaktivnosti geoloških standarda i deklarirane vrijednosti aktivnosti (ili sadržaja) urana u njima prikazani su u Tablicama 2 i 3.

TABLICA 2. Aktivnost ^{238}U (ili postotni udio U_3O_8) u standardima IAEA

Standard	Izmjerena vrijednost	Deklarirana vrijednost	Ref.
IAEA SOIL-5	$35,2 \pm 16,3$ Bq/kg	$38,6 \pm 5,5$ Bq/kg	(22)
IAEA S-12	$0,015 \pm 0,0008\%$ U_3O_8	$0,014\% - 0,018\%$ U_3O_8	(23)
IAEA S-13	3943 ± 255 Bq/kg	4074 ± 247 Bq/kg	(23)

TABLICA 3. Aktivnost radionuklida (izražena kao broj dezintegracija u sekundi po gramu standarda) u standardu NBS 4350

Radionuklid	Izmjerena vrijednost	Deklarirana vrijednost	Ref.
^{214}Bi (^{226}Ra)	$0,029 \pm 0,003$	0,031	(24)
^{235}U	$0,002 \pm 0,0005$	0,00185	(24)
^{238}U	$0,045 \pm 0,011$	0,0422	(24)

Zaključak

U ovom radu energije oko 186 KeV-a iskorištene su za određivanje aktivnosti ^{235}U i ^{238}U . U slučaju uspostavljene radiokemijske ravnoteže između ^{238}U i ^{226}Ra te ^{235}U i ^{223}Fr , u foto-vrhu na energijama oko 186 KeV-a ^{235}U sudjeluje s 42,79%, ^{226}Ra s 56,45%, a ^{223}Fr , ^{227}Th , ^{230}Th , ^{231}Th , ^{234}Th , ^{234}Pa i $^{234\text{m}}\text{Pa}$ s manje od 0,8%. U slučaju kada radiokemijska ravnoteža između ^{238}U i ^{226}Ra u uzorku nije uspostavljena nužno je nakon pripreme uzorka, sačekati uspostavljanje radiokemijske ravnoteže između ^{226}Ra i ^{214}Bi . U tom slučaju je moguće odrediti aktivnost u uzorku prisutnog ^{226}Ra (preko ^{214}Bi ili ^{214}Pb) što nam omogućava izračunavanje i aktivnosti ^{235}U iz foto-vrha na energijama oko 186 KeV-a. Aktivnosti ^{238}U izračunava se na osnovi prirodnog odnosa aktivnosti $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$. Usporedba rezultata dobivenih mjerenjima standarda IAEA i NBS s deklariranim vrijednostima standarda pokazuje vrlo dobro slaganje u širokom rasponu mjerenih aktivnosti urana. To ukazuje na pouzdanost rezultata dobivenih gama-spektrometrijskom metodom određivanja urana opisanom u ovom radu. Gama-spektrometrijsko određivanje urana omogućava i istovremeno određivanje specifične aktivnosti ostalih gama emitera prisutnih u mjerenom uzorku. Ova metoda stoga predstavlja prednost u odnosu na ostale radiokemijske metode određivanja urana, pogotovo one koje se baziraju na radiokemijskoj separaciji pojedinih radionuklida.

Literatura

- (1) Asikainen, M. (1981): State of disequilibrium between ^{238}U , ^{226}Ra and ^{222}Rn in groundwater from bedrock. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 45, 201-206.
- (2) Seelmann-Eggebert, W., Pfening, G., Munzel, H., Klewe-Nebenius, H. (1981): *Karlsruher nuklidkarte*. 5. Auflage, Druckhaus Haberbeck, Lippe.
- (3) Osmond, J.K., Cowart, J.B., and Ivanovich, M. (1983): Uranium isotopic disequilibrium in ground water as an indicator of anomalies. *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 34, 283-308.
- (4) Hsi, C.K.D., and Langmuir, D. (1985): Adsorption of uranyl onto ferric oxyhydroxides: Application of the surface complexation site-binding model. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 1931-1941.
- (5) Langmuir, D., and Reise, A.C. (1985): The thermodynamic properties of radium. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 1593-1601.
- (6) Langmuir, D., and Herman, J.S. (1980): The mobility of thorium in natural waters at low temperatures. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44, 1753-1766.

- (7) Borole, D.V., Krishnaswami, S., and Somayajulu, B.L.K. (1982): Uranium isotopes in rivers, estuaries and adjacent coastal sediments of western India: their weathering, transport and oceanic budget. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 125-137.
- (8) Michel, J., and Cothorn, C.R. (1986): Predicting the occurrence of ^{226}Ra in ground water. *Health Phys.*, 51, 715-721.
- (9) Spalding, R.F., Druliner, A.D., Whiteside, L.S., and Struempfer, A.W. (1984): Uranium geochemistry in groundwater from Tertiary sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 2679-2692.
- (10) Roessler, C.E., Smith, Z.A., Bolch, W.E., and Prince, R.J. (1979): Uranium and radium-226 in Florida Phosphate materials. *Health Phys.*, 37, 269-277.
- (11) Kim, K.H., and Burnet, W.C. (1985): ^{226}Ra in phosphate nodules from the Peru/Chile seafloor. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 1073-1081.
- (12) Lardinoye, M.H., and Weterings, K. (1982): Unexpected ^{226}Ra build-up in wet-process phosphoric-acid plants. *Health Phys.*, 42, 503-514.
- (13) Michel, J., Moore, W.S., and King, P.T. (1981): γ Ray Spectrometry for Determination of Radium-228 and Radium-226 in Natural Waters. *Anal. Chem.*, 53, 1885-1889.
- (14) Zaman, M.B., and Chitumbo, K. (1982): Determination of Ra to U ratio in Ore Samples by High Resolution γ -Spectrometry. *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 35, 767-769.
- (15) Erdtmann, G., Soyka, W. (1979): The Gamma Rays of the Radionuclides. *Werglag Chemie, Weinheim, New York.*
- (16) Sill, C.W. (1978): Radiochemical Determination of Protoactinium-231 in Environmental and Biological Materials. *Anal. Chem.*, 50, 1559-1571.
- (17) Murray, A.S., and Aitken, M.J. (1988): Analysis of low-level natural radioactivity in small mineral samples for use in thermoluminescence dating, using high-resolution gamma spectrometry. *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 39, 145-158.
- (18) Schotzig, U., and Debertain, K. (1983): Photon emission probabilities per decay of ^{226}Ra and ^{232}Th in equilibrium with their daughter products. *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 34, 533-538.
- (19) Helmer, R.G., and Reich, C.W. (1984): Emission Probabilities and Energies of γ -Ray Transitions from the Decay of ^{235}U . *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 35, 783-786.
- (20) Roy, J.C., Breton, L., Cote, J.E., and Turcotte, J. (1984): A Study of γ -Rays from the ^{238}U Decay. *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 35, 899-903.
- (21) Banham, M.F., and Jones, R. (1983): Gamma-ray-spectrometry measurements for actinide decay-scheme studies with particular reference to ^{231}Pa and ^{235}U . *I.J. Appl. Radiat. Isot.*, 34, 1225-1231.
- (22) Analytical Quality Control Services (1978): Certified reference material, SOIL-5. IAEA, Vienna.
- (23) Analytical Quality Control Services (1978): Information sheet for Programme AQCS 1977-1978. IAEA, Vienna.
- (24) U.S. Department of Commerce (1975): Certificate Standard Reference Material 4350. NBS, Washington.

INTERKOMPARACIJSKE MERITVE IN SITU

R.Martinčič, M.Korun, B.Pucelj in M.Ravnikar
Institut Jožef Stefan, Univerza E.Kardelja, Ljubljana

V okviru mednarodnega projekta SEV so od 5. do 9. sept. 1988 v Piestanyh, ČSSR, potekale interkomparacijske meritve za izpolnitev metod ocene hitrosti doze sevanja gama v okolju. Teh meritev so se udeležile mobilne enote članic SEV, na izrecno povabilo pa tudi Jugoslavija. V referatu na kratko poročamo o poteku teh meritev.

Program in organizacija

Organizacija meritev je bila poverjena Institutu za radioekologijo in uporabno jedrsko tehniko (Institute of Radioecology and Applied Nuclear Techniques), Košice, ČSSR. Sodelovalo je 16 ekip (skupno 48 udeležencev) iz 6 držav: ČSSR, NDR, Kube, Poljske, SSSR in Jugoslavije. Jugoslavijo je zastopala 4 članska ekipa specializirane enote Republiškega štaba za civilno zaščito - Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME).

Program primerjalnih meritev so pripravili organizatorji. Program je obsegal meritve in-situ (sl.1) ter laboratorijske meritve vzorcev zemlje. Z meritvami in-situ je bilo potrebno določiti površinsko kontaminacijo zemljišča oziroma vsebnost radionuklidov v zemlji, prispevke posameznih radionuklidov k hitrosti doze ter ftonske flukse. Vsaka od ekip je te meritve kasneje



Sl.1: Meritve in-situ na eni od lokacij (obdelano zemljišče).

preverila v svojih laboratorijih z meritvami vzorcev zemlje iz različnih globin in o tem napisala poročilo⁽¹⁾. Organizator pa ima nalogo, da vse te rezultate ovrednoti, primerja in izdela končno poročilo.

Izbrana so bila tri merilna mesta: prvo na neobdelanem zemljišču z relativno visoko vsebnostjo Cs-137 (travnik - Vrable), drugo z relativno nizko vsebnostjo Cs-137 (travnik - Pieštany) in tretje na obdelanem zemljišču (njiva Pieštany).

Oprema ekip je bila zelo različna: od prenosnih Ge(HP) in NaI spektrometrov do ionizacijskih celic. Ekološki laboratorij z mobilno enoto je sodeloval z svojima obema avtomobiloma (terensko vozilo in vozilo-laboratorij) ter z naslednjo opremo:

- prenosnimi merilniki hitrosti doze ter površinske kontaminacije,
- dvema gama spektrometroma (Ge(HP) spektrometer montiran v mobilnem laboratoriju ter prenosni NaI spektrometer),
- mikroročunalniško osnovano meteorološko postajo za določitev lokalnih meteoroloških parametrov (hitrost in smer vetra, temperaturo, vlažnost in hitrost gama doze),
- opremo za vzorčevanje in pripravo vzorcev,
- osebno zaščitno opremo ter
- električnim generatorjem in drugo splošno opremo.

Vzorčevanje

Na vseh treh izbranih lokacijah je ekipa EIME odvzele vzorce zemlje iz različnih globin (0-2cm, 2-5cm, 5-10cm in 10-15cm), na prvih dveh lokacijah pa tudi vzorce trave. Prvo vzorčevanje je bilo za primerjavo načina vzorčevanja opravljeno na dva načina: ročno in s posebno vzorčevalno napravo, ki so jo izdelali na Institutu za medicino dela v Bratislavi⁽²⁾ (sl.2). S to vzorčevalno napravo je mogoče enostavno jemati vzorce zemlje iz določene površine in globine na ponovljiv način.

Meritve

Vzporedno sta tekli dve meritvi: meritev vzorcev zemlje in trave na Ge(HP) detektorju s 5 cm PB zaščito ter meritev spektra zarkov gama in-situ 1 m nad zemljo s 3 x 3 in. NaI detektorjem.

Vzorci zemlje in trave so bili pripravljani v geometriji, ki jo ekipa običajno uporablja (plastična posoda 2R=90 mm) in za katero je bil detektor umerjen. Za obdelavo spektrov ekipa uporablja običajna programska orodja (peak search, nuclide identification itd.). Po vrnitvi so bili vsi vzorci ponovno merjeni v laboratoriju na Institutu "Jožef Stefan" na podobnem spektrometru, ki pa je prirejene za meritve nizkih aktivnosti.

V vseh vzorcih smo določili vsebnosti nekaterih naravnih (K-40, U-238, Ra-

226, Th-232) in umetnih izotopov (Cs-134, Cs-137 ter v nekaterih vzorcih tudi Ru-106 in Sb-125).

NaI detektor je bil umerjen s točkastim kalibriranim izvorom Eu-152. V ta namen je bila napravljena vrsta meritev s katerimi je bila določena radialna in aksialna odvisnost izkoristka: mreža točk v katere je bil postavljen izvor je segala od 0 do 3 m v radialni smeri v dveh ravninah 1 m in 1.2 m od detektorja. Z ekstrapolacijo in z upoštevanjem absorpcije je bil izračunan izkoristek detektorja.



Sl.2: Priprava za vzorčevanje zemlje (Institut za medicino dela | v Bratislavi, CSSR)

Spektri posneti z NaI spektrometrom so bili obdelani na pol ročno saj programska oprema v mobilnem laboratoriju ni primerna za obdelavo tovrstnih spektrov.

Dobljeni rezultati se zadovoljivo ujemajo z meritvijo vsebnosti izotopov v zemlji (Tabela 1).

Zaključek

Končnega poročila organizator še ni izdelal, zato se ne poznamo rezultatov primerjav, vendar pa že na osnovi lastnih izkušenj ugotavljamo, da se je metoda meritev spektrov gama, in-situ pokazala kot hitra in učinkovita metoda ugotavljanja kontaminacije zemljišča. Na osnovi tega spoznanja je bil izdelan programski paket za prenosni IBM PC računalnik (nov kos opreme v mobilnem laboratoriju), ki omogoča sprotne ocene na terenu.

Tabela 1: Primerjava rezultatov dobljenih z meritvijo vsebnosti izotopov v zemlji in rezultatov dobljenih z in-situ spektrometrijo gama

A/m_{α} (Bq/kg)

Izotop	No.1		No.2		No.3	
	SAM	ISGS	SAM	ISGS	SAM	ISGS
K-40	440 + 26	458	290 + 9	319	302 + 9	385
Ra-226	28 + 2	21	21 + 1	13	22 + 2	18
Th-232	39 + 3	33	23 + 1	21	26 + 1	23
Cs-134	*	*	*	*	2.2	7.5
Cs-137	*	*	*	*	10.7	17.4

OPOMBE:

* nehomogena volumska porazdelitev

SAM laboratorijska meritev vsebnosti izotopov v zemlji

ISGS rezultati spektrometrije gama in-situ

Literatura

- (1) R.Martinčič, B.Pucelj, M.Korun, M.Ravnikar, "Intercomparison In-Situ Gamma Spectrometry", IJS Report DP-5391, Ljubljana 1988
- (2) Institute for Occupational Medicine, Bratislava, CSSR, 1988, privatno sporočilo

Abstract

A team of Ecological Laboratory with a Mobile Unit participated in an Intercomparison in-situ gamma spectrometric measurements which took place from 6 - 9 Sept. 1989 in Piešťany in CSSR. A short description of the measurements is given.

ZAŠTITA OD ZRAČENJA KAO SASTAVNI DIO OPĆENITE OPTIMIZACIJE ZAŠTITE OD TOKSIČNIH AGENSA U OKOLIŠU

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

Sažetak: Analiziraju se problemi primjene ALARA principa kao jedne od metoda optimizacije zaštite u slučaju istovremenog djelovanja više toksičnih tvari (kemijska zagađenost zraka, vode ili hrane, zračenja, radona, cigaretnog dima i drugog). Daju se neki prijedlozi za planiranje zaštite u normalnim i izvanrednim situacijama. Istaknuta je potreba boljeg poznavanja kroničnih efekata malih doza svih toksičnih agensa iz okoliša.

UVOD

U našim ranijim publikacijama^{1, 2} pokazali smo kako je tokom černobiljskog akcidenta ALARA princip bio prekršen. Posljedica toga je da su mnoge zaštitne mjere uzrokovale više štete nego koristi. Pogrešne akcije vlasti i nekih stručnjaka izazvane su dijelom pritiskom javnog mnijenja (iracionalni strah). Takve pogrešne akcije povećavale su predrasude i strepnje stanovništva. Štete uzrokovane ovim psiho-loškim faktorom nisu zanemarive. Vrlo mali, praktički zanemariv radiološki rizik odvratio je našu pažnju i tako smanjio financijska sredstva i stručne napore, koji bi se inače mogli usmjeriti na stvarne probleme zaštite zdravlja gdje bi čista korist od zaštitnih mjera bila osigurana.

ALARA princip ("As Low as Reasonably Achievable" - toliko nisko koliko je razumno moguće) je izraz razboritog zaključivanja i nužno uključuje analizu gubitak-dobit ("cost-benefit analysis"), komparaciju različitih rizika i postupaka koji dovode do optimalnih rješenja izvedivih u stvarnim (realnim) uvjetima rada ili života. Korektna i potpuna primjena ALARA principa u takvim situacijama (a poslije černobiljske nesreće upravo je bila situacija sa mnogo malih rizika istovremeno prisutnih: zračenje, zagađenost, pasivno pušenje, emocionalni stresovi, izmjene u načinu ishrane, radon u stanovima,...) moguća je samo uz kompleksnu komparaciju svih rizika i gubitak-dobit (šteta-korist) analizu, a to je garancija za primjenu optimalnih zaštitnih mjera. Optimum može biti npr.: nikakva zaštita od jednog rizika, te 95% zaštite od drugog rizika.

U izvanrednim situacijama potrebne su vrlo brze odluke. Akcidentalni uvjeti donose uvijek dijelom neočekivane situacije, a brza i optimalna akcija biti će moguća samo pod uvjetom da su najvažnije spoznaje i podaci koji čine osnovu za potpunu primjenu ALARA principa pripremljeni unaprijed i na odgovarajući način ugrađeni u propise, upute i planove za slučaj akcidenta. Svi propisi, upute i planovi moraju biti usklađeni i koordinirani između različitih sektora za zaštitu okoliša. Mi smo praktički vrlo daleko od ovih ciljeva. Potpuna kvantitativna gubitak-dobit analiza je nemoguća, a stvarni rizik malih kroničnih efekata je još uvijek tema istraživanja.

ODNOS DOZA-UČINAK ZA NISKE DOZE ZRAČENJA

Zaštita od zračenja je najviše uznapredovao sektor zaštite okoliša ili zdravlja od štetnih efekata toksičnih agensa. Kronični efekti malih doza su najbolje poznati u slučaju zračenja. Unatoč tome, kod vrlo niskih doza, egzaktni

(sasvim točan) oblik odnosa doze i učinka je nepoznat i za zračenje^{3,4}.

Biološke studije (pogotovo skupi i dugotrajni eksperimenti s više vrsta laboratorijskih životinja), te epidemiološke studije daju kvantitativne podatke o toksičnosti, karcinogenezi, mutagenezi i odnosu doze i učinka kod viših doza, gdje statistička pouzdanost rezultata može biti zadovoljavajuća. Kod dovoljno niskih doza statistički značajna (signifikantna) mjerenja, ili samo puka zapažanja nepovoljnih efekata bilo kojeg toksičnog agensa su nemoguća. Iz indirektnih podataka znamo međutim da neki toksični agensi i pri niskim dozama mogu doprinositi neprihvatljivom riziku neželjenih kroničnih efekata. Spoznaje o obliku odnosa doze i učinka kod vrlo niskih doza su izuzetno važne za prognoze o kroničnim posljedicama, kao i za odluke o prihvatljivim nivoima rizika. Obzirom da su kvantitativna mjerenja nemoguća, istraživanja usmjerena ka rješavanju ovog problema bave se ispitivanjima mehanizma biološkog djelovanja i pokušavaju opravdati matematičke modele za ekstrapolaciju od viših doza do doze nula^{3,4}.

U slučaju ionizirajućeg zračenja ograničavamo našu diskusiju na efekte zračenja niske LET vrijednosti i na najvažniji kronični efekt - karcinogenezu. A ovdje se efekti mogu primijetiti (epidemiološki ili u dugotrajnim pokusima na životinjama) samo kod doza za cijelo tijelo iznad 0.1 Gy³, paragraf 473.

UNSCEAR u svom posljednjem izvještaju³ daje pregled istraživanja načinjenih u posljednjih 10 godina i upoređuje nove rezultate sa ranijim. Kad je u pitanju odnos doze i učinka zaključak je da je odnos "linearan ili linearno-kvadratičan, konkavan prema gore, s eksponentom na dozi između 1 i 2". Kvadratični član funkcije je u tipičnim slučajevima izraženiji kod viših doza, tako da linearna ekstrapolacija s viših na niže doze preuveličava učinak nižih doza. Ovo je ponekad više izraženo kad su niske doze primljene uz niže brzine doza³, paragrafi 109-142, 463-471. Uzimajući u obzir sve vrste raka, linearna hipoteza, kao osnova za standarde zaštite preporučene od ICRP, je konzervativna. Naime, ako se rizik po jedinici doze utvrđen pri dozama 1 do 2 Gy (uz visoke brzine doze) ekstrapolira na niske doze oko 1 mGy, vjerojatnost indukcije tumora "može, u tipičnim situacijama biti precijenjena za faktor do 5"³, paragrafi 480, 483, 490. UNSCEAR očekuje od daljnjih istraživanja točnije određivanje ovog nesklada između rizika malih doza procijenjenog linearnom hipotezom i stvarnog rizika.

Danas se koristi faktor rizika $1.65 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ za stohastičke efekte zračenja (smrtnost kroz 50 godina zbog karcinogeneze i mutageneze), a bazira se na linearnoj hipotezi⁵. Revizije dozimetrije na žrtvama u Hirošimi i Nagasakiju, koje su u toku, sugeriraju povećanje ovog faktora, ali eventualna revizija odnosa doze i učinka mogla bi imati suprotan efekt. Stoga, ako uporedimo ovu situaciju sa napouzdanošću podataka o kroničnim efektima drugih toksičnih tvari, argumenti u prilog promjene faktora rizika mogu biti diskutabilni. Čini nam se da, uz potpunu primjenu ALARA principa, promjena faktora rizika trenutno nije opravdana.

ODNOS DOZA-UČINAK ZA NISKE DOZE TOKSIČNIH AGENSA I PRIHVATLJIVI NIVOI

Među najbolje proučene kronične efekte toksinih agensa spadaju karcinogeneza i mutageneza dodataka i kontaminanata hrane. Epidemiološki je najbolje proučena karcinogeneza duhanskog (cigaretnog) dima.

Poznavanje efekata niskih doza duhanskog dima je osobito važno za zaštitu "pasivnih" pušača, jer je vrlo velik broj stanovnika izložen ovom riziku. To je vjerojatno i razlog da zaštita od duhanskog dima dobiva sve veće značenje u propisima mnogih zemalja. Za niske doze duhanskog dima učinak je također procijenjen linearnom ekstrapolacijom iz podataka o visokim dozama⁵, a faktor rizika je procijenjen na 1.5×10^{-3} smrtnih slučajeva karcinoma godišnje za osobe koje puše 35 cigareta dnevno (1500 smrtnih slučajeva godišnje među milion pušača). Procijenjeno je da rizik za pasivne pušače može biti do 10% rizika aktivnih pušača.

Odnos doza-učinak za druge toksikante u području doza ispod nivoa štetnih učinaka koji se mogu eksperimentalno detektirati ("no effect level" - NEL) obično nije procijenjen linearnom ekstrapolacijom. Postoji jedan izuzetak: "one-hit model" (model jednog pogotka)⁶, za koji "nema čvrstih bioloških dokaza"⁷. Odnos doza-učinak za visoke doze većinom je istraživao dugotrajnim eksperimentima ishrane životinja s ciljem određivanja NEL, što je glavna stepenica u konceptu prihvatljivog dnevnog unosa ("acceptable daily intake" - ADI). Koncept ADI usvojen je 1963. godine (na "Joint Meeting on Pesticide Residues" - JMPR, koji su organizirali WHO i FAO), a ADI je definiran kao onaj "iznos toksičnog agensa (izražen u mg po kg tjelesne težine) koji je indikacija za maksimalnu količinu toksične tvari koja se može stalno unositi dnevnom hranom tokom cijelog života, a bez rizika po zdravlje potrošača"⁴. $ADI = NEL/SF$, gdje je SF faktor sigurnosti ("safety factor")^{4, 7}. Zajednički (WHO/FAO) komitet eksperata za aditive hrani (Expert Committee on Food Additives) definira principe za određivanje ADI: potrebni podaci trebaju uključivati rezultate kratkoročnih i dugoročnih studija toksičnosti (karcinogeneza, mutageneza, teratogeneza, reprodukcija) na odgovarajućim životinjskim vrstama; dodatne podatke o biotransformaciji, farmakološkim i biokemijskim efektima, opažanja na čovjeku. Iz tih podataka određuje se NEL na koji se primjenjuje SF (faktor sigurnosti, za koji je tipična vrijednost oko 100)⁴, str. 260. Neriješeni problemi oko koncepta ADI su: ekstrapolacija podataka dobivenih na životinjama na čovjeka, razlike među životinjskim vrstama i cijena visokokvalitetnih pokusa, te sam NEL (pri kojem se "statistički značajna patološka razlika, u odnosu na paralelnu kontrolnu grupu istih životinja, nije mogla zapaziti" tokom pokusa koji traje cijeli životni vijek).

Treba primijetiti da se određivanje prihvatljivih nivoa temelji na iskustvu, ali se visokim stupnjem nesigurnosti. R. C. Garner⁴, str. 122-136 opisuje ove nesigurnosti. Njegov rad na karcinogenezi micotoksina je primjer vrlo naprednog pristupa uz primjenu "molekularne dozimetrije" kao sredstva za procjenu rizika za čovjeka (specifična antitijela kao detektor oštećenja DNA na molekularnom nivou).

PREUVJETI ZA POTPUNU PRIMJENU ALARA PRINCIPA

Pod potpunom primjenom ALARA principa podrazumijevamo istovremeno razmatranje svih prisutnih izvora rizika sa dovoljno analize gubitak-dobit (kvantitativne ili kvalitativne), te komparaciju rizika "koliko je razumski moguće" i praktički provedivo, ali bez nezdravih ili nekorektnih kompromisa. Unaprijed treba biti jasno da analize dobit-gubitak na početku moraju biti polukvantitativne, ali sa obavezom konstantnog rada na dogradnji koncepta, baze podataka, i sa sposobnošću kritičke primjene naučnih saznanja i praktičkog iskustva koje konstantno narasta.

Jedan od prvih koraka treba biti uvođenje nove politike usklađivanja različitih postupaka propisanih u različitim sektorima zaštite okoliša. Izvanredan primjer za ovaj pristup opisan je nedavno za Holandiju⁸: nakon proceduralne integracije odlučeno je da se razradi *zajednička osnova* za sve standarde zaštite. Kao zajednička veza među različitim standardima u različitim sektorima zaštite okoliša usvojen je *koncept rizika* za čovjeka. Maksimalni dozvoljeni individualni rizik je postavljen na 10^{-6} godišnje, dok se rizik od 10^{-8} smatra zanemarivim. To znači da bi bio dozvoljen nivo bilo kojeg toksičnog agensa koji će uzrokovati dozvoljeni ili manji rizik. Dvakav pristup zahtijeva poznavanje stvarnih rizika malih doza, ili barem onih hipotetskih, usvojenih kao najbolji kompromis, za svaki pojedinačni toksični agens.

U slučaju izvanrednih stanja moraju se poznavati nivoi pri kojima treba poduzimati zaštitne mjere ("action level" - AL) za različite rizike. Za potpunu primjenu ALARA principa nivoi akcije moraju se prilagoditi realnosti situacije. U izvanrednim situacijama mnogi elementi života mogu se znatno pogoršati (kvaliteta ili mogućnost snabdijevanja hranom, vodom i slično), što može uvjetovati nove specifične nivoe rizika sa značajnim promjenama u relacijama različitih rizika, a time i prioriteta zaštite. Ovo ukazuje na potrebu izvjesne revizije AL (vidi ICRP Publ. 40), a također i pristupa problemu donošenja odluka u toku i na samom mjestu izvanrednih događaja.

Abstract: The problems of application of the ALARA principle as one of the methods for optimization of protection in case of parallel action of several toxic agents (chemical pollutants of air, water or food, radiation, radon and tobacco smoke, etc.) are analysed. Some proposals for planning of protection in normal and emergency situations are given. The need for better knowledge about chronic effects of small doses of all toxic agents is stressed.

LITERATURA

1. Dvornik I., Yekić B.: Naše iskustvo i pouke poslije Černobilja, Nuklearna tehnologija, 7,1(1987)5-11
2. Dvornik I., Yekić B.: The after-Chernobyl lessons and the ALARA Principle, Proc. XIV Regional IRPA Congress held at Kupari, Yugoslavia from September 29 to October 2 1987, eds. P. Marković, Đ. Horvat, S. Marković, Beograd (1988) 475-480
3. UNSCEAR Report, United Nations, New York 1986, Annex B.: Dose-response relationship for radiation induced cancer
4. Gibson G. G. and Walker R. (Editors): Food Toxicology - Real or Imaginary Problems, Taylor and Francis, London, 1985
5. UNSCEAR Report: Ionizing Radiation Sources and Biological Effects, United Nations, New York, 1982
6. Hoel D. G. et al., Toxicol. Environ. Health, 1(1981)133
7. Lindsay D. G., Chem. Soc. Rev., 10, 2(1981)233-244
8. Bošnjaković B. and Zuur C., Nuclear Europe 3/4 (1988)11

KONTROLA NISKIH NIVOVA DOZA γ ZRAČENJA-KALIBRACIJA JONIZACIONE KOMORE POD PRITISKOM

1. UVOD

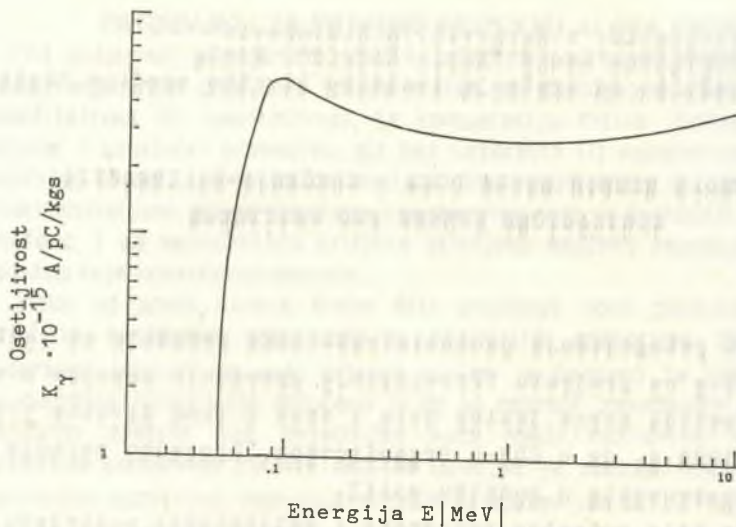
U okviru petogodišnje naučnoistraživačke saradnje sa zemljama članicama SEV-a na projektu "Provodjenje uporednih merenja u cilju poboljšanja metoda ocene jačine doze i doze γ fona životne sredine", u septembru 1988.g. je u DDR-u organizovano "Uporedno merenje sopstvenog fona instrumenta u rudniku soli".

Stoga je bilo potrebno proveriti i kalibrisati postojeću opremu, kako originalni instrument, koji je vremenom mogao promeniti ponašanje, tako i dogradjene elektronske komponente sopstvenog dizajna i izvedbe. U tom cilju su izvršena prethodna opsežna merenja i analize, a jedan njihov deo, kalibracija "metodom senke" je izložen u ovom radu.

2. KARAKTERISTIKE JONIZACIONE KOMORE

Jonizaciona komora pod pritiskom predstavlja osetljiv i pouzdan instrument sa dobrom stabilnošću i rezolucijom koja omogućava razlikovanje varijacija prirodnog fona i veštački uzrokovanih intenziteta doza, i predstavlja usvojen standard za ovaj tip merenja /1/. Jedan od glavnih problema pri merenju niskih nivoa doza je standardizacija postupka merenja i kalibracije instrumenta. Uobičajeni metod, koji se koristi u metrologiji dozimetrijskih veličina, definisanje etalonskog polja pomoću jonizacione komore-sekundarnog etalona u ovom slučaju usled veoma niski potrebnih intenziteta polja, nije primenljiv, već se kalibracija vrši pomoću radioaktivnih izvora standardizovane aktivnosti.

Jonizaciona komora RSS-111 REUTER STOKES /3/ je sfernog oblika, izradjena od nerđajućeg čelika, debljine 3 mm i punjena ultra čistim argonom pod pritiskom od 2,5 MPa. Aktivna zapremina je 8 litara i odredjena je sa greškom manjom od $\pm 1\%$. Za merenje malih struja koristi se elektrometarsko kolo čija je struja šuma manja od 10^{-15} A. Nominalna osetljivost je 43×10^{-14} A/pC/kgs. Energetska zavisnost odziva jonizacione komore data je na Slici 1.



Slika 1

Energetska zavisnost jonizacione komore RSS-111

3. METOD KALIBRACIJE I EKSPERIMENTALNI ARANŽMAN

Kalibracija je vršena na betonskoj pisti velikih dimenzija, bez rasejavajućih objekata. Jonizaciona komora se postavlja u etalonsko polje γ zračenja koje se ostvaruje pomoću radioaktivnih izvora standardizovane aktivnosti. U ovom slučaju korišćeni su izvori Ra^{226} , Cs^{137} i Co^{60} , aktivnosti $34.04 \text{ MBq} (\pm 1\%)$, $38.1 \text{ MBq} (\pm 5\%)$, $6.6 \text{ MBq} (\pm 5\%)$ respektivno. Jačina ekspozicione doze koja potiče od primarnog snopa γ zračenja računato je po poznatoj formuli

$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{r^2} e^{-\mu r} \quad (1)$$

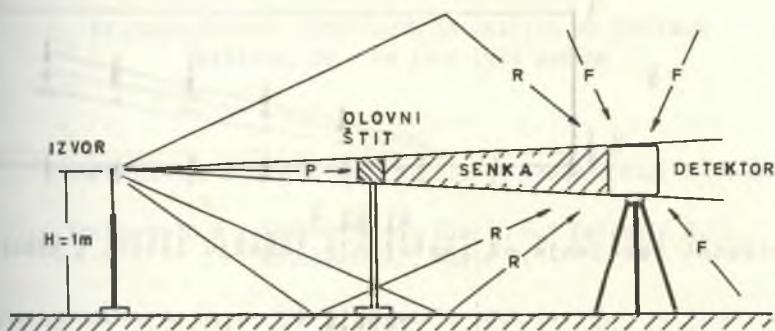
gde je: Γ -konstanta ekspozicione doze

A-aktivnost izvora

r-rastojanje izvor-komora

μ -linearni koeficijent slabljenja.

Radioaktivni izvor postavlja se na specijalni držač od lakog materijala na visinu od 1m. Na istoj visini postavlja se i jonizaciona komora. Rastojanje između izvora i jonizacione komore treba da je takvo, da se polje γ zračenja može smatrati homogenim i uniformnim unutar aktivne zapremine komore (Slika 2). Pokazivanje instrumenta, odnosno polje u tački u kojoj se nalazi jonizaciona komora, jednako je sumi zračenja prirodnog fona (F), zračenja rasejanog o podlogu (R), primarnog snopa (P) i zračenja usled rasejanja u vazduhu. Da bi se



Slika 2
Šema eksperimentalnog aranžmana

odredio doprinos zračenja rasejanog od tla i rasejanja u vazduhu, između jonizacione komore i izvora postavlja se olovna zaštita (Slika 2). Debljina olovne zaštite je 20 cm, što je dovoljno da primarni snop bude dovoljno apsorbovan, a rastojanje se podešava tako da komora biva potpuno zaklonjena ("shadow shield" metod). Izmerena vrednost intenziteta doze iza olovne zaštite, odnosno polje u kome se komora nalazi, posledica je doprinosa rasejanog zračenja o podlogu i rasejanja iz vazduha.

4. REZULTATI MERENJA

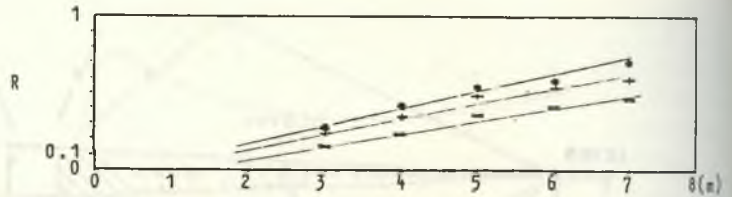
Merenja su vršena za više rastojanja izvor-komora u intervalu 3-6m (odnosno za više jačina ekspozicione doze). Jačina ekspozicione doze je direktno očitavana i korigovana zbog energetske zavisnosti komore prema podacima koje je dao de Campo /1/. Rezultati merenja dati su u Tabeli 1. Za svako rastojanje i za svaki izvor vršene su dve serije merenja, sa (4. kolona) i bez olovnog zaklona (3. kolona). Razlika ova dva merenja (kolona 5.) daje doprinos primarnog snopa zračenja. Zavisnost rasejanja od rastojanja data je na Slici 3. Kolona 6. predstavlja vrednosti dobijene iz izvora (1), tj. uračunavajući slabljenje u vazduhu, koje se analizom pokazalo potrebnim. Poslednja kolona je dobijena korekcijom merenih vrednosti na energetska zavisnost komore prema podacima koje je dao de Campo /1/.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata koji su dati u Tabeli 1 vidi se da su odstupanja manja od deklarisanе greške instrumenta. Navedeni metod koji

Legenda:

o Co⁶⁰
 + Cs¹³⁷
 - Ra²²⁶



Slika 3

Zavisnost rasejanja od rastojanja izmedju izvora i komore

Tabela 1.
 Rezultati "shadow shield" kalibracije

Izvor	Rastojanje d m	P+R+F pC/kgs	R+F pC/kgs	P pC/kgs	Izračunata doza pC/kgs	Korigovana merena doza pC/kgs
1	2	3	4	5	6	7
Ra ²²⁶	3	6.61	1.03	5.58	5.92	6.13
	4	4.02	0.94	3.08	3.32	3.38
	5	3.08	1.09	1.99	2.12	2.19
	6	2.0	0.66	1.34	1.47	1.47
	7	1.76	0.81	0.95	1.05	1.05
Cs ¹³⁷	3	3.26	0.789	2.47	2.45	2.66
	4	2.11	0.746	1.36	1.41	1.46
	5	1.73	0.832	0.896	0.90	0.96
	6	1.17	0.566	0.602	0.62	0.648
	7	1.15	0.688	0.466	0.46	0.501
Co ⁶⁰	3	2.17	0.595	1.577	1.8	1.77
	4	1.53	0.645	0.889	1.01	0.999
	5	1.29	0.688	0.602	0.64	0.677
	6	0.896	0.516	0.380	0.44	0.427
	7	0.925	0.652	0.272	0.33	0.306

je primenjen za kalibraciju jonizacione komore pod pritiskom primenljiv je i za sve druge tipove dozimetara koji se koriste za merenje prirodnog fona γ zračenja.

6. ABSTRACT

Pressurized ionization chamber is standard instrument for low level environmental exposure dose rate measurements and proper calibration is essential. "Shadow shield" method for calibration and some results of procedure, are presented in this paper.

7. LITERATURA

1. J.A. De Campo, H.L.Beck and P.D.Raft, High Pressure Argon Ionization Chamber System for the Measurement of Environmental Radiative Exposure Rates, HASL-260, Dec.1972.
2. Botter-Jensen, L. and Nielsen, S.P., Riso-M-Rep.2266, Apr.1981.
3. Reuter Stokes, Operational Manual for RSS-111 Area Monitor System, 30/3/73.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Priština, 06 - 09 juni 1989 godine

KARAKTERISTIKE I NAMENA RADIOMETRIJSKE LABORATORIJE LARA-86

Šmelcerović M., Koturović A., Djurić G.* Petrović B.*,
Milošević A., Kosić P.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", OOUR Institut za elektroniku "EL"
Beograd

*Veterinarski fakultet, Beograd

Kratak sadržaj

U radu je opisana radiometrijska laboratorija tipa LARA-86. Namena laboratorije je merenje ukupne masene beta aktivnosti uzoraka hrane, vode, krvnih smeša i drugog materijala.

Merenje se obavlja apsolutnom metodom, korišćenjem korekcije na samoapsorpciju beta zračenja u preparatu. Takodje je analizirana primena relativne metode merenja kao alternativne metode primenljive u slučaju rada laboratorije u sklopu mreže radiološkog nadzora.

Dati su odnosi potrebnih vremena merenja za zadanu statističku grešku merenja i izvršeno je poredjenje ostvarene osetljivosti sa drugim sličnim sredstvima.

UVOD

Akcidentalne situacije zahtevaju brza merenja uz dovoljnu izvesnost i pouzdanost rezultata merenja. Potrebno je u kratkom vremenu izvršiti veliki broj merenja. Otežane komunikacije i ekonomičnost rada isključuju kurirsku dostavu uzoraka na merenje u udaljene centre. Dati opis situacije posebno važi u uslovima vanrednih događaja. Iz navedenih rezloga koriste se u akcidentalnim situacijama radiometrijske laboratorije prenosnog tipa, koje se obično upotrebljavaju za odredjivanje ukupne masene alfa ili beta aktivnosti. Jedna od takvih laboratorija je i laboratorija namenjena merenju ukupne masene beta aktivnosti sa tipskom oznakom LARA-86.

DETEKCIONI SISTEM

Detektor beta čestica je GM brojač velike površine prozora i male visine aktivne zapremine. Mala visina brojača poboljšava odnos efikasnosti detekcije beta zračenja prema gama zračenju. U cilju smanjivanja efikasnosti detek-

cije gama zračenja brojač je oklopljen aluminijumskim slojem debljine 5 mm, a zatim olovnim oklopom debljine 50 mm.

Detektor je smešten aksijalno simetrično u odnosu na uzorak i to na rastojanju od 21 mm od površine uzorka. Između detektora i preparata postavlja se apsorber načinjen od aluminijumskog lima pogodne površinske gustine.

Prečnik detektora je 65 mm a preparata 82 mm. Debljina preparata je 6 mm tako da se ponaša kao "beskonačno" deo uzorak za većinu beta emitera i većinu nosača radionuklida

Upotrebom pogodnih materijala i konstrukcije, postignuto je da osnovna brzina brojanja u polju prirodnog zračenja iznosi $R_0 = 1.25$ imp/s. Za polje zračenja ^{60}Co brzina brojanja se povećava srazmerno jačini ekspozicije i iznosi:

$$R_x = 1.25 + 0.07 \cdot X \quad (\text{imp s}^{-1}) \dots\dots\dots(1)$$

Gde je: X - jačina ekspozicione doze izražena u jedinicama $\mu\text{C kg}^{-1}\text{s}^{-1}$.

PREPARAT

Rad u terenskim uslovima zahteva jednostavnu metodu pripreme preparata od materijala uzorka. Zato je izabrano da se u akcidentalnim uslovima merenja masene beta aktivnosti priprema preparata svede na homogenizaciju materijala uzorka i samo za neke materijale na prethodno sušenje i usitnjavanje. Odabran je prečnik izvora za oko 30% veći od prečnika detektora, što je kompromis između zahteva za povećavanje efikasnosti detekcije i zahteva za što manjom težinom zaštitnog kontejnera. Debljina preparata je dovoljna da se preparat može smatrati "beskonačno debelim" u odnosu na domet beta čestica u materijalu nosaču aktivnosti. Ovaj zahtev proističe iz metode apsolutnog merenja masene aktivnosti (Šmelcerović 1975, lit.1). Pri merenju relativnim metodama, pogodna je upotreba "tačkastog" tankog uzorka. Jasno je da se pri merenju apsolutnom metodom takođe može vršiti koncentrovanje masene aktivnosti čime se postiže poboljšanje osetljivosti jednako faktoru koncentrovanja.

METODA APSOLUTNOG MERENJA

Metoda se bazira na korekciji samoapsorpcije beta zračenja u materijalu nosaču aktivnosti. Detaljan opis metode dat je u nizu radova (lit. 1,2,3) i u ovom tipu laboratorije metoda je primenjena bez bitnih izmena.

Metodom apsolutnog merenja meri se masena beta aktivnost preparata bez

obzira na sastav smeše beta radioaktivnih radionuklida. Jasno je da se pri takvom merenju pojavljuje greška merenja koja u zavisnosti od sastava smeše može da se kreće i do 40%.

Ako se merenje vrši na preparatu od uzorka koji sadrži poznate radionuklide, greška merenja se smanjuje na nekoliko procenata. Zbog specifičnosti interakcije beta čestica sa materijalom preparata, nema bitne promene u koeficijentu samoapsorpcije pri promeni vrste materijala nosača aktivnosti (na primer voda i čelik). Ova činjenica znatno olakšava merenja i čini prihvatljivim i rezultate merenja dobivene sa preparatima napravljenim od materijala u nativnom stanju.

RELATIVNA METODA MERENJA

Poznat radionuklid uz posedovanje k_{a} kalibracione konstante za merni uređaj daje mogućnost da se primeni relativna metoda merenja. Ako je nosač aktivnosti isti kao pri kalibracionom merenju sistematska greška merenja se smanjuje na najmanju moguću vrednost. Pri ovakvom merenju greška merenja se sastoji od statističke greške i greške koja je definisana od strane isporučioaca standardnog rastvora. Napominjemo da je pri relativnim merenima za postizanje iste statističke greške merenja potrebno oko pet puta kraće vreme merenja u odnosu na apsolutnu metodu merenja. Zato je pogodno, kada god to uslovi dozvoljavaju, primenjivati relativnu metodu merenja.

POSTIGNUTI REZULTATI

Velike površine detektora i preparata, koje su karakteristične za detektorski deo radiometrijske laboratorije LARA-86, doprinele su znatnom smanjivanju potrebnog vremena merenja masene beta aktivnosti uzoraka, u odnosu na druga sredstva ove namene. Jasno je da se pri povećanju vremena merenja statistička greška merenja smanjuje približno recipročno korenu faktora povećanja vremena merenja. Radi ilustracije navodimo da se za interval vremena merenja od 10000 sekundi apsolutnom metodom merenja za ^{40}K radionuklid, postiže osetljivost od oko 500 Bq kg^{-1} , uz očekivanu statističku grešku merenja od 20%. Pri istim uslovima merenja sa radiometrijskom laboratorijom LARA-10 bio bi neophodan interval merenja od 60000 s.

Navedene karakteristike razvijene laboratorije preporučuju je za pri-

menu u uslovima akcidentalnog rada kao osnovno merno sredstvo na svim mernim mestima gde je potrebno vršenje masovnih merenja.

ABSTRACT

Radiometric Laboratory LARA-86 has been described in the paper. Laboratory is designed for the measurements of the total mass beta activity of the food, samples, water, fodder and other materials.

The measurement has been carried out by the absolute method, using the correction of the self-absorbed beta radiation in the sample. The usage of the relative measurement method has been analyzed as well, as an alternative method, suitable when the Laboratory operates within the radiological supervision network.

LITERATURA

1. Šmelcerović M., (1975), Merenje specifične beta aktivnosti materijala kontaminiranih fisionim produktima metodom debelog uzorka, Interna publikacija Instituta "Boris Kidrič" Vinča-Beograd, IBK-1350.
2. Šmelcerović M., Djurić G., Popović D., (1986); Metode brzog određivanja radioaktivnih materijala u namirnicama životinjskog porekla; Naučni skup povodom 50 godina Veterinarskog fakulteta u Beogradu.
3. Šmelcerović M., Koturović A., Djurić G., Petrović B.: (1987) Sistem merenja radioaktivne kontaminacije biljne proizvodnje; I Jugoslovensko savetovanje Zaštita i spasavanje bilja i biljnih proizvoda od uništenja u miru i ratu; Dubrovnik.
4. Šmelcerović M., Djurić G.; (1988); "Thick Layer Sample" Method for Measuring of Activity of Radionuclides in Environmental Samples; II Yugoslav-Italian Symposium on Radiation Protection; Udine, Italija.

2. Sekcija RADIOTOKSIKOLOGIJA

Lj.Novak, G.Pantelić, D.Panov

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

KONCENTRACIJA ^{134}Cs I ^{137}Cs U URINU STANOVNIŠTVA SR SRBIJE POSLE HAVARIJE NUKLEARNE ELEKTRANE U ČERNOBILU

Kratak sadržaj :

Ispitivana je koncentracija ^{134}Cs i ^{137}Cs u urinu određenih grupa stanovništva u dva regiona u SR Srbiji (Titovo Užice i Niš). Ispitivanja su vršena 1987 i 1988 godine. U Titovouzičkom regionu ^{134}Cs aktivnosti kretale su se od 4.1-14.6 Bq/l a ^{137}Cs od 5.75-31.06 Bq/l. Iste godine u Niškom regionu izmerene su aktivnosti ^{134}Cs od 2.03-28.49 Bq/l, a ^{137}Cs od 4.57-18.45 Bq/l. Dobijene vrednosti 1988 g. bile su statistički značajno niže. Srednje vrednosti cezijuma ^{134}Cs i ^{137}Cs u urinu ispitivane grupe stanovništva iz Titovouzičkog regiona bile su statistički značajno veće u odnosu na srednje vrednosti dobijene u Niškom regionu.

Uvod :

Posle akcidenta na nuklearnoj elektrani u Černobilu došlo je do nehomogene kontaminacije teritorije i stanovništva SR Srbije. Kontaminacija je izvršena nizom radionuklida od kojih sa toksikološkog aspekta izdvajamo ^{134}Cs i ^{137}Cs .

Najčešći put unošenja cezijuma u ljudski organizam je ingestija. Iz digestivnog trakta gotovo 100% se apsorbuje i uniformno distribuira u mekim tkivima (1). Glavni put eliminacije je urin mada postoji izvesna kontinuirana eliminacija i preko fecesa. Preko urina se izluči 80% cezijuma. Iako postoje znatne varijacije u zavisnosti od godina starosti i pola, za praktičnu primenu je usvojeno da kod odraslih osoba 10% cezijuma ima vreme poluizlučivanja dva dana, a za 90% je to vreme 110 dana (2).

Ispitivanje unutrašnje kontaminacije vrši se merenjem radioaktivnosti celog tela ili analizom urina. Urin se meri direktno gama spektrometrijski bez prethodnog tretmana ili se vrši hemijska separacija i meri beta aktivnost (2,3).

Metoda :

Ispitivanje unutrašnje kontaminacije stanovništva Titovouzič-

kog i Niškog regiona cezijumom-134+137 u 1987 i 1988 godini vršeno je merenjem radioaktivnosti uzoraka 24-časovnog urina. Urin je meren direktno bez prethodnog tretmana u Marineli posudama na HP-Ge detektoru koji je povezan sa 8000 kanalnim analizatorom firme "ORTEC".

Rezultati i diskusija :

1987 godine u Titovouzičkom regionu aktivnosti ^{134}Cs kretale su se od 4.1-14.6 Bq/l, a ^{137}Cs od 5.75-51.06 Bq/l. 1988 godine u istom regionu izmerene aktivnosti ^{134}Cs imale su vrednosti od 1.81 do 7.16 Bq/l, a ^{137}Cs od 4.93-24.72 Bq/l.

U Niškom regionu 1987 godine izmerene su aktivnosti ^{134}Cs od 2.03-28.49 Bq/l, a ^{137}Cs 4.57-18.45 Bq/l. 1988 godine aktivnosti ^{134}Cs bile su ispod granice detekcije. Izmerene aktivnosti ^{137}Cs kretale su se od 2.33-10.35 Bq/l. Srednje vrednosti dobijenih rezultata prikazane su na tabeli 1 i grafikonima 1 i 2.

Rezultati pokazuju da su statistički značajno veće srednje vrednosti ukupnog radioaktivnog cezijuma kod stanovništva regiona Titovog Uzica u odnosu na stanovništvo Niškog regiona. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima ekoloških ispitivanja radioaktivne kontaminacije u ovim regionima.

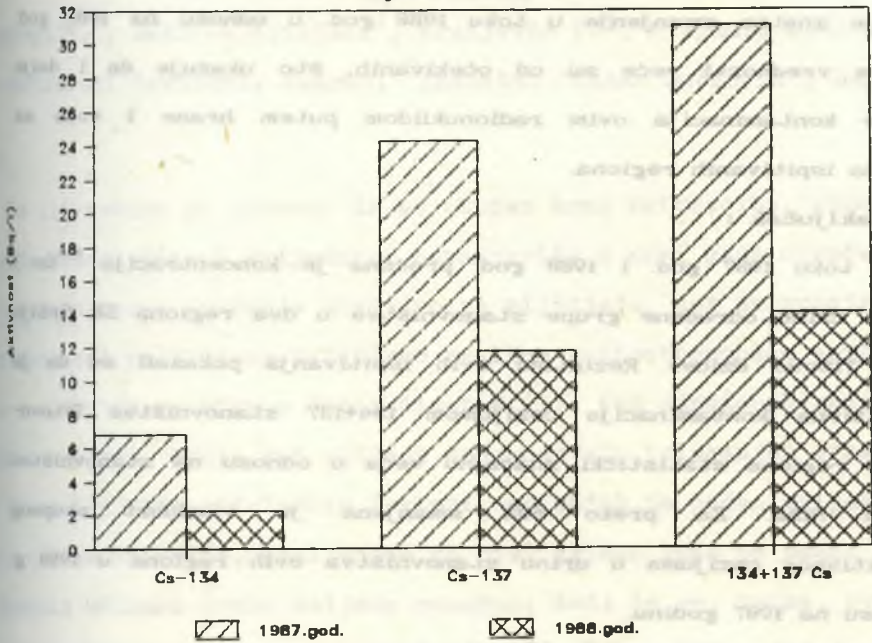
Tabela 1 : SREDNJE VREDNOSTI REZULTATA MERENJA

REGION	GOD.	BROJ ISPI-TANIH	PROSECNA VREDNOST		STATISTICKA SIGNIFIKANTNOST	
			± STANDARDNA DEVIJACIJA Cs-134 (Bq/l)	Cs-137 (Bq/l)	Cs-134	Cs-137
TITOVO	1987	20	6.81 ± 4.54	24.26 ± 11.82		
UZICE	1988	16	2.26 ± 2.13	11.72 ± 5.69	< 0.005	< 0.001
NIS	1987	14	6.35 ± 6.73	11.90 ± 4.81		
	1988	14	I G D	3.11 ± 2.72	< 0.001	< 0.001

GRAFIK 1 :

134+137 Cs U URINU

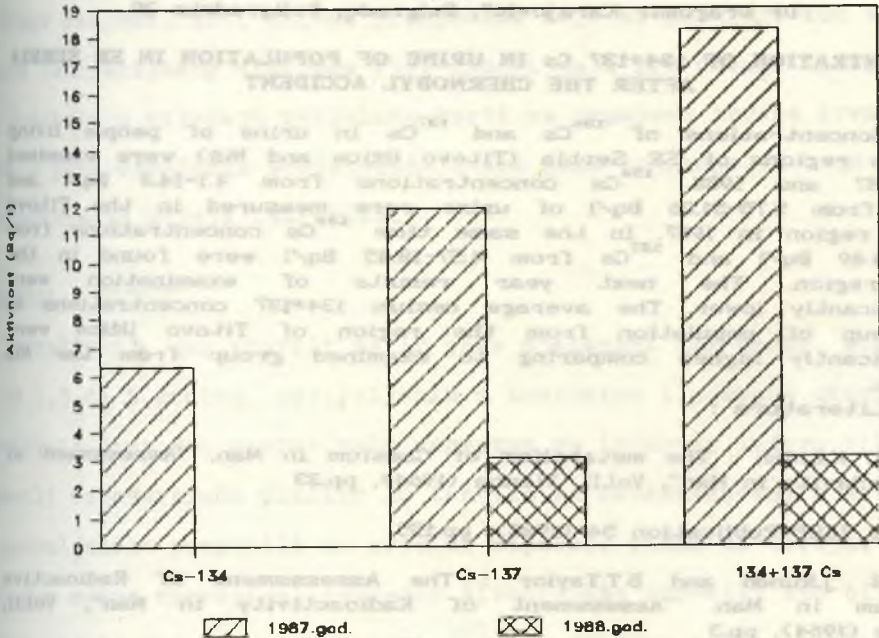
Region Tlavo Uzlie



GRAFIK 2 :

134+137 Cs U URINU

NIS



Analiza koncentracije ^{134}Cs i ^{137}Cs u urinu stanovništva pokazuje znatno smanjenje u toku 1988 god. u odnosu na 1987 god. Dobijene vrednosti veće su od očekivanih, što ukazuje da i dalje nastaje kontaminacija ovim radionuklidom putem hrane i vode sa područja ispitivanih regiona.

Zaključak :

U toku 1987 god. i 1988 god. praćena je koncentracija ^{134}Cs i ^{137}Cs u urinu određene grupe stanovništva u dva regiona SR Srbije (Niš i Titovo Užice). Rezultati ovih ispitivanja pokazali su da je radioaktivna kontaminacija cezijumom $^{134}+^{137}$ stanovništva Titovo-uzičkog regiona statistički značajno veća u odnosu na stanovništvo regiona Niša. Za preko 60% smanjena je vrednost ukupnog radioaktivnog cezijuma u urinu stanovništva ovih regiona u 1988 g. u odnosu na 1987 godinu.

Abstract :

XV Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Priština
6.-09. june 1989
Lj. Novak, G. Pantelić, D. Panov
Institute of occupational Health and Radiological Protection
"Dr Dragomir Karajović", Belgrade, Deligradska 29

CONCENTRATION OF $^{134}+^{137}\text{Cs}$ IN URINE OF POPULATION IN SR SERBIA AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

Concentrations of ^{134}Cs and ^{137}Cs in urine of people living in two regions of SR Serbia (Titovo Užice and Niš) were examined in 1987 and 1988. ^{134}Cs concentrations from 4.1-14.6 Bq/l and ^{137}Cs from 5.75-51.06 Bq/l of urine were measured in the Titovo Užice region in 1987. In the same time ^{134}Cs concentrations from 2.03-28.49 Bq/l and ^{137}Cs from 4.57-18.45 Bq/l were found in the Niš region. The next year results of examination were significantly lower. The average cesium $^{134}+^{137}$ concentrations in a group of population from the region of Titovo Užice were significantly higher comparing to examined group from the Niš region.

Literatura :

1. K. Liden : The metabolism of Caesium in Man. "Assessment of Radioactivity in Man", Vol. II, Vienna (1964), pp. 33
2. ICRP Publication 54 (1988), pp. 155
3. J. Rundo and B. T. Taylor : The Assessment of Radioactive Caesium in Man. "Assessment of Radioactivity in Man", Vol. II, Vienna (1964), pp. 3

UTJECAJ UDRUŽENE RADIJACIJSKE OZLJEDE NA NEKE HEMATOLOŠKE PARAMETRE U KRVI PASA

Šimpraga M.¹, Bedrica Ljiljana¹, Kraljević P.¹, Miljanić Saveta²
¹Veterinarski fakultet, Zagreb; ²Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

UVOD

Iz literature je poznato da se ukupan broj eritrocita, koncentracija hemoglobina i vrijednost hematokrita u krvi pasa ozračenih subletalnom dozom zračenja značajno ne mijenjaju, jer su promjene u eritropoezi prikrivene relativno velikom radiootpornošću eritrocita i njihovim relativno dugim životom (1). Kod udruženih radijacijskih ozljeda, dakle kod ozljeda koje nastaju izlaganjem organizma dvama ili više etioloških faktora, od kojih je jedan uvijek ionizacijsko zračenje, posljedice će biti daleko teže od samog zbroja štetnih učinaka svake ozljede posebno; tada će se, naime, pojaviti tzv. sindrom uzajamnog pogoršanja (2). Tako, npr., ako je životinja ozračena dozom koja uzrokuje tek laki oblik radijacijskog sindroma, promjene će u krvi tih životinja, ako se pridruži još neka druga ozljeda, biti slične promjenama koje se javljaju kod težeg oblika radijacijskog sindroma (3). Budući da u literaturi nismo našli podataka o utjecaju prijeloma kosti na promjenu crvene krvne slike u pasa ozračenih subletalnom dozom gama-zračenja, u ovom smo radu upravo to htjeli istražiti.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja smo obavili na 12 pasa mješanaca oba spola, starosti od 1,5 do 5 godina, podijeljenim u kontrolnu i pokusnu skupinu. Svim životinjama smo operativnim zahvatom na intaktnu lijevu tibiju postavili odgovarajuću pločicu AO tehnike za osteosintezu, a zatim smo potkoljenicu prepilili na sredini dijafize pilom po Gillyu. Četrty dan nakon operacije, pokusnim životinjama ozračili smo bilateralno cijelo tijelo gama-zrakama (⁶⁰Co), dok smo kontrolne živo-

tinje lažno ozračili. Prosječna apsorbirana doza u tijelu životinje iznosila je oko 1,74 Gy. Krv za hematološke pretrage uzeli smo prije operacije, te 1, 3, 5, 7, 11, 15, 30. i 65. dana nakon operacije. Ukupan broj eritrocita određivali smo u Neubauerovoj komorici za brojenje krvnih stanica, dok smo koncentraciju hemoglobina određivali metodom po Sahliju, a vrijednost hematokrita centrifugiranjem krvi u cjevčicama za mikrohematokrit i očitavanjem na tablici po Janetezkiu. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni i prikazani grafički kao srednje vrijednosti, a značajnost promjena provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

REZULTATI

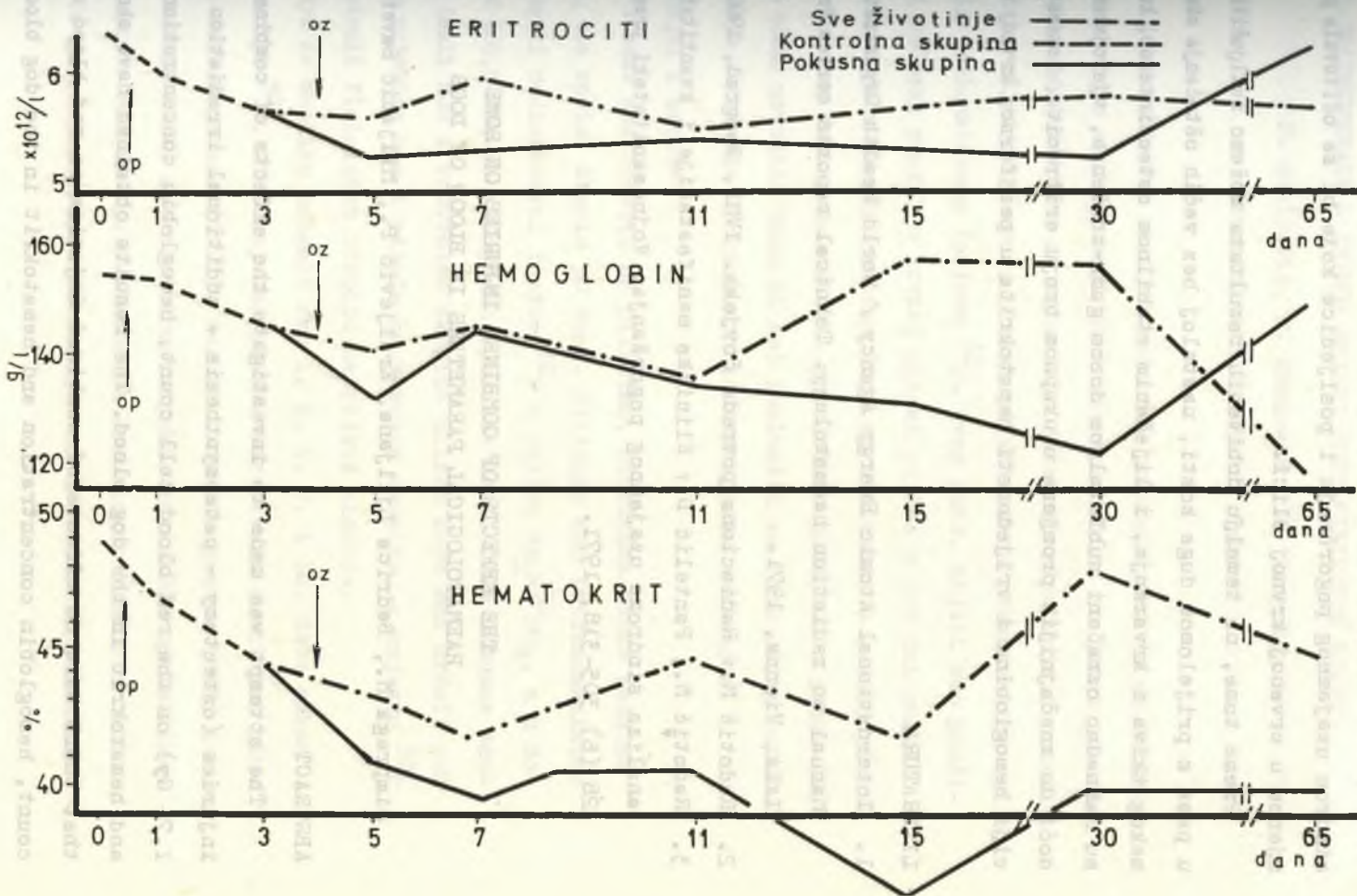
Rezultati kretanja ukupnog broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i vrijednosti hematokrita u krvi pasa s udruženom radijacijskom ozljedom, prikazani su na slici 1.

Nađene razlike među pokusnim skupinama za sva tri hematološka parametra nisu statistički značajne.

DISKUSIJA

Rezultati istraživanja pokazali su da se ukupan broj eritrocita, te koncentracija hemoglobina i vrijednost hematokrita u krvi pasa s udruženom radijacijskom ozljedom, nisu statistički značajno mijenjali tijekom cijelog pokusnog razdoblja. Kada bi ovi rezultati bili posljedica samo zbroja ovih dviju ozljeda, takvi bi se rezultati i očekivali, jer niti subletalna doza ionizacijskog zračenja sama za sebe (1), a niti ovakav prijelom kosti u pasa, ne uzrokuju promjene istraživanih parametara. Udruživanjem, ovih dviju ozljeda, očekivali smo, da bi moglo doći do sindroma uzajamnog pogoršanja, pa zato i do većih promjena u crvenoj krvnoj slici (3). Očito je, međutim, da su ove dvije ozljede, arteficijelni prijelom kosti s istodobnom osteosintezom uz maksimalno čuvanje okolnog mekog tkiva s jedne strane, i subletalna doza gama-zračenja (1,74 Gy) s druge

Slika 1. Kretanje ukupnog broja eritrocita, koncentracije hemoglobina i vrijednosti hematokrita u krvi pasa s udruženom radijacijskom ozljedom (fraktura + ozračivanje) tijekom pokusnog razdoblja. O - prije operacije; OP - operacija; OZ - ozračivanje.



strane, bile ozljede premale jakosti da bi u pasa mješanaca izazvale sindrom uzajamnog pogoršanja i posljedice koje bi se očitovale promjenom u crvenoj krvnoj slici.

Prema tome, na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da u pasa s prijelomom duge kosti, nastaloj bez većih oštećenja okolnog mekog tkiva i krvarenja, i liječenim stabilnom osteosintezom, koji su naknadno ozračeni subletalnom dozom gama-zračenja, vjerojatno neće doći do značajnijih promjena u ukupnom broju eritrocita, koncentraciji hemoglobina i vrijednosti hematokrita u perifernoj krvnoj slici.

LITERATURA

1. International Atomic Energy Agency / World Health Organization: Manual on radiation haematology. Technical reports series No. 123. IAEA, Vienna, 1971.
2. Radotić M.: Radiaciona povreda čovjeka. IVMD, Beograd, 1966.
3. Radotić M., Pantelić D.: Kliničke manifestacije i kvantitativna analiza sindroma uzajamnog pogoršanja. Vojnosanitetski pregled 28 (6) 305-318, 1971.

THE EFFECTS OF COMBINED INJURIES ON SOME HAEMATOLOGICAL PARAMETERS IN BLOOD OF DOGS

Šimpraga M., Bedrica Ljiljana, Kraljević P., Miljanić Saveta

ABSTRACT

The attempt was made to investigate the effects of combined injuries (osteotomy - osteosynthesis + additional irradiation - 1,74 Gy) on the red blood cell count, hemoglobin concentration and hematokrit in the dog blood. The results obtained have shown that there were no effects of combined injuries on red blood cell count, hemoglobin concentration and hematokrit in the dog blood.

AKTIVNOST GLUTAMAT-DEHIDROGENAZE, SORBITOL-DEHIDROGENAZE I
KOLINESTERAZE U KRVNOJ PLAZMI KONTAMINIRANIH PILIĆA

P. Kraljević, D. Emanović i M. Šimpraga

Veterinarski fakultet, Zagreb

Uvod

U jednom našem ranijem radu (1) pokazali smo da se aktivnost nekoliko enzima, koji su inače specifični za jetru peradi ili mogu poslužiti za dijagnostiku jetrinih oštećenja u peradi, značajno mijenja u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P . Ovog puta, htjeli smo proširiti enzimski profil u krvnoj plazmi pilića s još tri enzima koji spadaju u skupinu enzima čija se aktivnost u krvnoj plazmi mijenja zbog funkcionalnih ili patoloških promjena u jetri (2), kako bismo utvrdili mogu li oni poslužiti za ranu dijagnostiku jetrinih oštećenja uzrokovanih ionizacijskim zračenjem.

Materijal i metode

Pokuse smo obavili na pilićima, hibridima teške pasmine Ross, oba spola, starim 50 dana. Pilićima smo intramuskularno ubrizgali radioaktivni fosfor ^{32}P u obliku $\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$, a u dozi od 166,5 MBq po kilogramu tjelesne mase. Osim pokusne skupine imali smo i kontrolnu skupinu pilića koju smo držali pod istim uvjetima kao i piliće iz pokusne skupine, a umjesto ^{32}P injicirali fiziološku otopinu natrijeva klorida.

Krv za analizu uzimali smo 1, 3, 5, 7. i 10. dana nakon aplikacije ^{32}P . U krvnoj smo plazmi određivali aktivnost glutamat-dehidrogenaze (GLDH), sorbitol-dehidrogenaze (SDH) i kolinesteraze (ChE) spektrofotometrijski, koristeći optimizirane kompletne reagencija proizvođača Boehringer Mannheim BmbH.

Po završetku pokusa životinje smo žrtvovali i načinili

patohistološki pregled unutrašnjih organa.

Rezultati su statistički obrađeni i prikazani kao postotak kontrolnih vrijednosti. Razlike među srednjim vrijednostima provjerene su t-testom po Studentu i Fisheru.

Rezultati

Rezultati istraživanja prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Prosječna aktivnost glutamat-dehidrogenaze (GLDH), sorbitol-dehidrogenaze (SDH) i kolinesteraze (ChE) u krvnoj plazmi pilića nakon perenteralne aplikacije ^{32}P , izražene kao postotak kontrolnih vrijednosti (kontrola = 100).

Enzimi	Dani nakon aplikacije ^{32}P				
	1	3	5	7	10
GLDH (n = 4)	149	340	451	86	616
SDH (n = 3)	504	111	413	100	430
ChE (n = 7)	88	76	89	95	90

n = broj životinja u pokusnoj skupini. Broj je životinja u kontrolnoj skupini bio 4.

Iz priložene se tablice može razabrati da je aktivnost GLDH i SDH u krvnoj plazmi pokusnih pilića bila povećana gotovo tijekom cijelog pokusnog razdoblja, dok je aktivnost ChE bila smanjena. Zabilježene promjene nisu, međutim, bile statistički značajne.

Patohistološki nalaz pretraženih organa žrtvovanih pilića nije pokazao nikakvih promjena.

Rasprava

Dobiveni rezultati pokazali su, dakle, da se aktivnost ni jednog od tri istražena enzima nije značajno mijenjala u krvnoj plazmi pilića tijekom pokusnog razdoblja. Prema tome, ovi se rezultati razlikuju od rezultata koje smo ranije dobili u našim

istraživanjima obavljenim na istim životinjama i pod istim uvjetima. Tada smo, naime, zabilježili značajan pad aktivnosti alanin-aminotransferaze (ALT), laktat-dehidrogenaze (LDH), alfa-hidroksibutirat-dehidrogenaze (HBDH), gama-glutamil-transpeptidaze (GGT) i leucin-aminopeptidaze (LAP) u krvnoj plazmi pilića nakon aplikacije ^{32}P , također u dozi od 166,5 MBq/kg tjelesne mase.

Koji je pravi razlog da se prosječne aktivnosti GLDH, LDH i ChE nisu značajno mijenjale u krvnoj plazmi pilića (aktivnosti GLDH i SDH pokazale su neznačajan porast, a aktivnosti ChE neznačajan pad) nakon aplikacije ^{32}P , teško je pouzdano reći. Jedan od razloga svakako može biti i mogućnost da su ovi enzimi ili, pak, mehanizmi odgovorni za njihovu sintezu, manje osjetljivi na ionizacijsko zračenje od enzima AST-a, LDH, HBDH, GGT-a i LAP-a. To ponajprije mislimo na osjetljivost ChE, odnosno na osjetljivost mehanizama odgovornih za sintezu tog enzima. Jer, smatramo, povećanje aktivnosti GLDH i SDH u krvnoj plazmi pokusnih pilića nije statistički značajno, unatoč relativno velikom porastu srednjih vrijednosti, zbog velikih fizioloških varijacija aktivnosti tih dvaju enzima u krvnoj plazmi pilića. Pojedinačne vrijednosti i u kontrolnoj i u pokusnoj skupini životinja, kretale su se, naime, od 0 do 15 U/L za GLDH, i od 0 do 4 U/L za SDH.

Prema tome, na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da određivanje aktivnosti GLDH, SDH i ChE u krvnoj plazmi pilića kontaminiranih ^{32}P , u dozi od 166,5 MBq/kilogram tjelesne mase, ne može poslužiti za rano otkrivanje jetrinih funkcionalnih oštećenja u pilića uzrokovanih ionizacijskim zračenjem.

Literatura

1) P. Kraljević, D. Emanović, V. Mitin, H. Gomerčić, M. Šimpraga: Enzimski profil u krvnoj plazmi pilića nakon unutarnje kontaminacije radioaktivnim fosforom ^{32}P . Zbornik radova XIII. jugoslavenskog simpozija od zaštite od zračenja. Pula, 1985., str. 190-192.

2) E. H. Coles: Veterinary clinical pathology. 3. izd. W. B. Saunders Comp. Philadelphia, 1980., str. 204-212.

Abstract

The activity of glutamate dehydrogenase (GLDH), sorbitol dehydrogenase (SDH) and cholinesterase (ChE) in the blood plasma of radioactive isotope ^{32}P treated chickens was investigated. None of investigated enzymes showed significantly changes after radionuclide injection.

USPOREDBA EFIKASNOSTI DVIJE VRSTE ALGINATA I FERI-FEROCIJANIDA U SNIŽENJU RETENCIJE RADIOAKTIVNOG STRONCIJA I CEZIJA U ŠTAKORA

M. Landeka, B. Kargačin, K. Kostial

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Moše

Pijade 158, 41000 Zagreb

Terapiju izbora u slučaju unutrašnje kontaminacije radioaktivnim stroncijem i cezijem predstavlja kalcijav alginat i feri-ferocijanid (Prusko modriilo) (1). Visoka efikasnost tih sredstava dokazana je u nizu pokusa na životinjama a potvrđena je i njihova efikasnost i netoksičnost u ljudi (2,3). Sa sve većom mogućnošću kontaminacije okoliša sve je veća mogućnost primjene navedenih sredstava u cilju smanjenja retencije tih dvaju radionuklida koji predstavljaju opasnost za čovjeka. Pri tome je važna efikasnost primijenjenog terapijskog sredstva. U radu je izvršena usporedba efikasnosti dvaju preparata alginata i dvaju preparata feri-ferocijanida u sniženju apsorpcije i retencije radioaktivnog stroncija odnosno cezija nakon njihove primjene u štakora.

Materijal i metode

Pokusi su vršeni na ženjkama štakora iz uzgoja staje za pokusne životinje (IMI) starosti 6 tjedana (težina oko 130 grama). Radionuklidi ^{85}Sr i ^{137}Cs (Radiochemical Centre Amersham, Engleska) primijenjeni su oralno putem želučane sonde (^{85}Sr 185 kBq, a ^{137}Cs 37 kBq po životinji). Primijenjene su dvije vrste kalcijeva alginata - A₁ (Alginate Industries Ltd., London, Engleska) i A₂

(Kelco and Co., San Diego, USA) u dozi od 10 g/100 g hrane te dvije vrste kalijeve feri-ferocijanida - R_1 (Heyl and Co., Berlin, Njemačka) i R_2 (Kelco and Co., San Diego, USA) u dozi od 2.5 g/100 g hrane. Terapijska sredstva primijenjena su u hrani pokusnih životinja tokom tri dana počevši 24 sata prije primjene radionuklida. Životinje su žrtvovane šest dana nakon primjene izotopa. Radioaktivnost u cijelom tijelu, karkasu (cijelo tijelo bez probavila) i probavilu određena je u scintilacijskom brojaču za male laboratorijske životinje (Tobor, Nuclear Chicago) dok je radioaktivnost u organima određena u automatskom gama brojaču (Nuclear Chicago). Rezultati su korigirani za radioaktivni raspad i geometriju uzorka te prikazani kao aritmetička sredina sa standardnom pogreškom.

Rezultati i diskusija

Na Tablici 1. prikazani su rezultati učinka kalcijeve alginata na retenciju ^{85}Sr . Rezultati ukazuju da primjena obaju preparata kalcijeve alginata snizuje retenciju ^{85}Sr u cijelom tijelu i organima 2-3 puta. Alginat A_1 bio je nešto uspješniji u sniženju retencije radiostroncija u cijelom tijelu, karkasu i kosti (oko 10%) dok je alginat A_2 bio nešto uspješniji u sniženju retencije ^{85}Sr u probavilu (13%). Na Tablici 2. prikazani su rezultati učinka dvaju preparata feri-ferocijanida na retenciju ^{137}Cs . Primjena feri-ferocijanida R_1 snizila je retenciju ^{137}Cs u cijelom tijelu u organima 60-70 puta. Feri-ferocijanid R_2 snizio je retenciju radiocezija 20-30 puta. Preparat R_1 je dva puta efikasniji u sniženju retencije radiocezija u cijelom tijelu i organima od preparata R_2 . Rezultati naših ranijih ispitivanja ukazali su na potrebu istovremene primjene mješavine terapijskih sredstava u slučaju kontaminacije okoliša različitim radionuklidima. Efikasnost takve

Tablica 1. Utjecaj različitih preparata alginata na retenciju radioaktivnog stroncija
(% oralne doze ^{85}Sr)

	Kontrola (K)	Ca-alginat (A ₁)	Ca-alginat (A ₂)
Broj životinja	12	12	12
Cijelo tijelo	13.45 + 1.15	4.61 + 0.28 ^c (2.9) ^a	5.94 + 0.34 (2.3) ^b
Karkas	13.38 + 1.14	4.57 + 0.30 ^c (2.9)	5.92 + 0.34 (2.3)
Probavilo	0.065 + 0.008	0.029 + 0.006 ^e (2.2)	0.021 + 0.003 (3.1)
Jetra	0.0010 + 0.0001	0.0003 + 0.00003 ^e (3.3)	0.0005 + 0.0001 (2.0)
Bubrezi	0.0005 + 0.0001	0.0002 + 0.00002 ^e (2.5)	0.0002 + 0.00002 (2.5)
Femur	0.50 + 0.04	0.16 + 0.01 ^d (3.1)	0.21 + 0.01 (2.4)

K - standardna štakorska hrana

A₁ - standardna štakorska hrana sa 10% Ca-alginata (Alginate Industries Ltd., London, Engleska)

A₂ - standardna štakorska hrana sa 10% Ca-alginata (Kelco and Co., San Diego, USA)

^aOmjer K/A₁

^bOmjer K/A₂

^cP < 0.01

^dP < 0.001

^eP > 0.05

Tablica 2. Utjecaj različitih preparata feri-ferocijanida na retenciju radioaktivnog cezija
(% oralne doze ^{137}Cs)

	Kontrola (K)	Feri-ferocijanid (R ₁)	Feri-ferocijanid (R ₂)
Broj životinja	11	12	11
Cijelo tijelo	50.15 ± 1.52	0.95 ± 0.14 ^c (52.8) ^a	1.84 ± 0.09 (27.3) ^b
Karkas	46.88 ± 1.48	0.89 ± 0.14 ^c (52.7)	1.76 ± 0.09 (26.6)
Probavilo	3.21 ± 0.14	0.06 ± 0.01 ^c (53.5)	0.12 ± 0.005 (26.8)
Mišić	0.85 ± 0.03	0.016 ± 0.002 ^c (53.1)	0.032 ± 0.002 (26.6)
Mišić gr %	0.76 ± 0.02	0.013 ± 0.002 ^c (58.5)	0.028 ± 0.001 (27.1)
Jetra	1.53 ± 0.06	0.021 ± 0.003 ^c (72.9)	0.048 ± 0.004 (31.9)
Bubrezi	0.36 ± 0.01	0.005 ± 0.0008 ^c (72.0)	0.013 ± 0.001 (27.7)
Mozak	0.25 ± 0.006	0.004 ± 0.0006 ^c (62.5)	0.010 ± 0.001 (25.0)
Femur	0.06 ± 0.002	0.0008 ± 0.0001 ^c (75.0)	0.002 ± 0.0001 (30.0)

K - standardna štakorska hrana

R₁ - standardna štakorska hrana sa 2.5 g feri-ferocijanida (Radiogardase-Cs, Heyl & Co., West Berlin, SRNJ)

R₂ - standardna štakorska hrana sa 2.5 g feri-ferocijanida (Kelco & Co., San Diego, USA)

^aOmjer K/R₁

^bOmjer K/R₂

^cP < 0.001

kombinirane terapije potvrđena je kako u eksperimentalnim studijama na štakorima (4) tako i u humanim studijama na ispitnicima-volonterima (5,2). Pri praktičnoj primjeni takve kombinirane terapije treba uzeti u obzir navedene razlike u efikasnosti različitih preparata alginata i feri-ferocijanida.

Literatura

1. IAEA, International Atomic Energy Agency, Manual of early medical treatment of possible radiation injury, Safety Series No. 47, Beč, 1978.
2. Kostial, K., Kargačin, B., Šimonović, I. Reduced radiostrontium absorption in a human subject treated with composite treatment for mixed fission product contamination, Health Phys. 52 (1987) 371-372.
3. Strömme, A. Increased excretion of ^{137}Cs in humans by Prussian blue, str. 329-332 u "Diagnosis and treatment of deposited radionuclides" (ured. H.A. Kornberg i W.D. Norwood), Excerpta Medica Foundation, Amsterdam, 1968.
4. Kostial, K., Kargačin, B., Šimonović, I. Efficiency of a composite treatment for mixed fission products in rats. J. Appl. Toxicol. 3 (1983) 291-296.
5. Šimonović, I., Kostial, K., Kargačin, B. ^{131}I uptake in human thyroid after antidote treatment for mixed fission products contamination. Int. J. Radiat. Biol. 46 (1984) 459-462.

XIV Jugoslavenski simpozijum zaštite od zračenja
Priština, 6-9. lipanj 1989.

EFFICACY OF TWO TYPES OF ALGINATES AND PRUSSIAN BLUE FOR ^{85}Sr
AND ^{137}Cs IN RATS

In this work the efficacy of two types of calcium alginate and Prussian blue in reducing ^{85}Sr and ^{137}Cs retention in rats was compared. The results obtained point out the differences in the efficacy of therapeutical agents from different pharmaceutical firms. These differences should be taken into consideration in cases of their administration to humans.

therapy, internal contamination, ^{85}Sr , ^{137}Cs , alginate, Prussian blue

UTJECAJ ALGINATA NA RETENCIJU ^{141}Ce U MLADIH ŠTAKORA

R. Arežina, B. Kargačin, K. Kostial

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada,

Moše Pijade 158, 41000 Zagreb

Niz studija do sada pokazao je da je alginat terapija izbora u slučaju unutrašnje kontaminacije radioaktivnim stroncijem - jednim od radionuklida koji u slučaju kontaminacije okoliša predstavlja opasnost (1) za čovjeka. U eksperimentalnim studijama na mladim štakorima pokazano je također da alginat snižuje apsorpciju olova (2). Alginat se u terapijske svrhe može primijeniti i za smanjenje retencije barija (3) te radija (3,4). Na osnovu rezultata nekih "in vitro" studija za pretpostaviti je da bi se alginat mogao primijeniti u terapiji unutrašnje kontaminacije radioaktivnim cerijem. Cilj ovog rada bio je ispitati efikasnost alginata u smanjenju retencije ^{141}Ce u mladim sisajućih štakora.

Materijal i metode

Pokus je vršen na šest dnevnim štakorima iz uzgoja staje za pokusne životinje Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada. Radionuklid ^{141}Ce (Radiochemical Centre Amersham, Engleska) primijenjen je oralno, metodom umjetnog hranjenja pomoću kapaljke tokom 8 sati (74 kBq/0.2 ml). Kalcijev alginat (Alginate Industries Ltd., primijenjen je u mlijeku u dozi od

0.9 g/kg tjelesne težine 24 sata prije, istovremeno te 24 sata nakon primjene ^{141}Ce također putem kapaljke. Kontrolna skupina životinja primila je umjesto alginata fiziološku otopinu. Životinje su uvijek nakon umjetnog hranjenja vraćene svojim majkama. Životinje su žrtvovane šest dana nakon primjene izotopa te je određena radioaktivnost u cijelom tijelu, karkasu i probavilu na scintilacijskom brojaču za male laboratorijske životinje (Tobor, Nuclear Chicago) dok je radioaktivnost u organima određena u automatskom gama brojaču (Nuclear Chicago). Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina sa standardnom pogreškom.

Rezultati i diskusija

Retencija ^{141}Ce u cijelom tijelu, karkasu, probavilu i bubregu životinja koje su primile alginat bila je za oko 23% niža nego u kontrolnih, dok je to smanjenje za jetru i femur iznosilo 30% odnosno 40%. Najveći dio retinirane doze radioaktivnog cerija nalazio se je u probavnom traktu (97%).

Tablica 1. Utjecaj alginata na retenciju oralno primijenjenog ^{141}Ce u 6-dnevnih štakora (% doze)

Broj životinja	Kontrola (18)	Alginat (24)	
Cijelo tijelo (CT)	54.73 \pm 3.64	42.06 \pm 2.49	1.3 ^b
Karkas	1.49 \pm 0.15	1.11 \pm 0.13	1.3
Probavilo	53.24 \pm 3.65	40.95 \pm 2.49	1.3
Probavilo (% CT)	96.82 \pm 0.66	97.12 \pm 0.38	1.0
Jetra	0.125 \pm 0.003	0.088 \pm 0.011	1.4
Bubreg	0.029 \pm 0.003	0.023 \pm 0.002	1.3
Femur	0.023 \pm 0.002	0.014 \pm 0.002	1.6

^aKalcijev alginat primijenjen je u mlijeku tokom tri dana u dozi od 0.9 g/kg tjelesne težine

^bOmjer kontrola/alginat

U većini pokusa do sada ispitivan je učinak alginata kod odraslih životinja. Efikasnost takvog tretmana ovisila je o dozi i vrsti alginata, dužini trajanja tretmana kao i vremenu njegove primjene (65). Primjenom alginata u sisajućih štakora retencija ^{85}Sr smanjena je oko 3 puta (6) dok je retencija ^{203}Pb snižena oko 2 puta (2). Efikasnost alginata za cerij u sadašnjem pokusu niža je od one za stroncij no upućuje na to da će kod unutrašnje kontaminacije okoliša i eventualne primjene alginata u cilju smanjenja retencija stroncija kao jednog od biološki najopasnijih radionuklida, takva terapija biti efikasna i za radioaktivni cerij.

Literatura

1. IAEA, International Atomic Energy Agency, Manual of early medical treatment of possible radiation injury, Safety Series No. 47, Beč, 1978.
2. Kostial, K., Šimonović, I., Pišonić, M. Reduction of lead absorption from the intestine in newborn rats. Environ. Res. 4 (1971) 360-363.
3. Humphreys, E.E., Van Puymbroeck, S., Vanderborght, I. Inhibition of intestinal absorption of simultaneously administered Ca-47, Sr-85, Ba-133 and Ra-226 by different sodium alginates. Second International Conference "Strontium Metabolism", Glasgow and Strontian, USAEC Conf. 720818 (1972) 309-313.
4. Kestens, L., Schoeters, G., Van Puymbroeck, S., Vanderborght, O. Alginate treatment and decrease of ^{226}Ra retention in the mouse femur after an I.P. contamination with various radium doses. Health Phys. 39 (1980) 805-809.

5. Kargačin, B. Unutrašnja kontaminacija radionuklidima i metode terapije. Arh. hig. rada toksikol. 35 (1984) 199-205.
6. Kostial, K., Gruden, N., Duraković, A., Juvančić, V., Šimonović, I. Reduction in strontium absorption in pregnant, lactating and suckling rats. Acta Radiol. 11 (1972) 277-287.

XIV Jugoslavenski simpozijum zaštite od zračenja
Priština, 6-9. lipanj 1989.

THE INFLUENCE OF ALGINATE ON ^{141}Ce RETENTION IN YOUNG RATS

Calcium alginate was administered in milk to 6-day-old rats and its effect on retention was investigated. With this treatment cerium retention in the whole body and organs of suckling rats were 20-40% lower than in the control group.

alginate, ^{141}Ce , suckling rats, absorption

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Priština, 06 - 09.1989.

ISPITIVANJE PROFILAKTIČKIH EFEKATA TERAPEUTSKIH KREMOVA PRI KONTAMINACIJI RADIONUKLIDIMA TERMIČKE OPEKOTINE KOŽE

Milivojević K. i Stojanović D.

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

Opekotina kontaminirana radioaktivnim materijama može se oče-
divati u akcidentalnim situacijama i predstavlja poseban značajan
problem radiokontaminirane povrede, zbog mogućnosti brze i obimne
resorpcije radionuklida preko opečene površine (1, 2, 3). Stepen
resorpcije radionuklida preko termičke opekotine kože zavisi od
veličine i stepena opekotine, vrste i hemijskog oblika kontamina-
nta, dužine trajanja kontaminacije, izvedene dekontaminacije i ni-
za drugih faktora koji mogu da uslove varijacije u resorpciji. U
ovom eksperimentalnom radu praćena je kinetika prodiranja radionu-
klida preko termičke lezije kože i posmatran je efekat tretmana
opekotine terapijskim kremovima (ispitivani su Ca-Sandosten, Dia-
nabol, Solcoseryl) na brzinu i obim resorpcije radiokontaminanta.
Pri primeni najefikasnijeg krema u smanjenju interne kontaminacije
ispitan je i dopunski efekat dekontaminacionog tretmana.

Materijal i metode rada

Ogledi su izvedeni na belim pacovima, mužjacima, telesne te-
line oko 200 gr. U toku oglada životinje su bile pod narkozom izve-
denom uretanom.

Uslovi ranjavanja: Na koži interskapularne regije, sa koje je
uklonjena dlaka, opekotina kružnog oblika, površine oko 2 cm² nači-
njena je pomoću Deshery-evog termokautera, pri temperaturi od 600°C.
Opečena površina sa neposrednom okolinom nije prelazila 1% telesne
površine pacova. U proceni dubine opekotine primenjen je tzv. pro-
šireni američki sistem po kome se načinjene opekotine mogu klasifi-
kovati u II B i III stepen. U centralnom delu opekotine prečnika oko

1 cm² dominirali su znaci nekroze, a periferni deo bio je ishemičnog izgleda.

Uslovi kontaminacije: Na opečenu površinu kože nanošeno je 0,05 ml rastvora ⁸⁵SrCl₂, NaJ¹³¹ ili ¹³⁷CsCl, sa pH 6.0 za radiostroncijum i radiocezijum a 7.0 za radiojod. Kod oglednih grupa u kojima je ispitivan efekat terapijskih kremova kontaminacija radionuklidima izvodjena je posle aplikacije krema na opekotinu.

Tehnika dekontaminacije: Dekontaminacioni tretman se zasniva na akciji ispiranja opečene površine sa 20 ml dekontaminacionog rastvora (1% sapun, 1% Cetavlon, 0,9% NaCl), uz korišćenje vakum sistema. Tretman je trajao oko 5 min.

Tehnika merenja: Na kraju svih oglada životinje su žrtvovane, a ukupni telesni sadržaj radionuklida i zaostale aktivnosti u kontaminiranoj lokaciji mereni su na uređaju za direktno merenje ukupne telesne radioaktivnosti kod malih eksperimentalnih životinja.

Rezultati i diskusija

Pri ispitivanju zaštitnog efekta terapijskih kremova (CA-Sandosten, Dianabol, Solcoseryl) sa aspekta smanjenja resorpcije radionuklida i poboljšanja efikasnosti dekontaminacije, pokazalo se da efekat izrazito zavisi od vrste krema i vrste kontaminanta jer je primena izabranih kremova predupredila u većoj ili manjoj meri resorpciju pojedinih radionuklida. Najbolji efekat ispoljio je krem Solcoseryl, te su na tabeli 1. prikazani samo rezultati ispitivanja njegove efikasnosti.

Tretiranjem opekotine kremom Solcoseryl pre kontaminacije znatno su smanjene količine prodrlih radionuklida u toku 30 minuta po kontaminaciji: telesni sadržaj je preko tri puta manji za stroncijum, preko šest puta manji za jod, a preko sedam puta manji za cezijum.

Povoljan efekat krema Solcoseryl oglada se i u povećanoj efikasnosti dekontaminacije u odnosu na životinje netretirane kremom. Dekontaminacioni tretman u manjoj meri uvećava telesni sadržaj radiojoda i radiocezijuma i kod "neštićenih" i kod kremom "štićenih" životinja. Pored izrazito smanjene interne kontaminacije kod kremom tretiranih životinja, izrazito su niže vrednosti zaostale radioaktivnosti u opekotini posle dekontaminacije. Otuda i velike razlike u

Tabela 1. Efekat krema Solcoseryl na predupredjivanje prodiranja radionuklida preko termičke opekotine kože i na efikasnost dekontaminacije (u procentima od nanete radioaktivnosti)

Radio-nuklid	Resorptivna površina	Materija za dekontaminaciju	Telesni sadržaj	Zaostala radioaktivnost u opekotini	Efikasnost dekontaminacije
^{85}Sr	A	Nedekontaminirani	0,18 \pm 0,12		
		0,9% NaCl	0,22 \pm 0,07	85,07 \pm 7,35	14,71 \pm 7,35
	B	1%o sapun	0,24 \pm 0,14	80,57 \pm 7,96	19,19 \pm 7,96
		Nedekontaminirani	0,05 \pm 0,04		
^{131}I	A	1% Cetavlon	0,03 \pm 0,02	3,63 \pm 2,12	96,34 \pm 2,12
		Nedekontaminirani	18,52 \pm 6,65		
	B	0,9% NaCl	27,97 \pm 5,99	55,45 \pm 4,65	16,58 \pm 5,99
		1%o sapun	32,98 \pm 5,58	42,50 \pm 6,93	24,52 \pm 6,93
^{137}Cs	A	Nedekontaminirani	2,92 \pm 1,11		
		0,9% NaCl	3,77 \pm 1,67	27,07 \pm 7,19	69,16 \pm 7,19
	B	1% Cetavlon	21,12 \pm 6,41		
		0,9% NaCl	28,31 \pm 8,03	32,78 \pm 6,30	38,91 \pm 8,03
B	1%o sapun	27,57 \pm 6,78	35,83 \pm 8,99	36,60 \pm 8,99	
	Nedekontaminirani	2,76 \pm 1,89			
		1% Cetavlon	7,40 \pm 2,28	20,60 \pm 8,75	72,00 \pm 8,75

A - Termička opekotina kože

B - Termička opekotina kože "štićena" pre kontaminacije kremom Solcoseryl

Kontaminacija je trajala 30 minuta, odnosno dekontaminacija je izvodjena 30 minuta nakon kontaminacije

efikasnosti dekontaminacije, koja je za 6,5 puta veća kod kontaminacije stroncijumom, za više od četiri puta veća kod joda, i za oko dva puta veća kod cezijuma u odnosu na životinje kod kojih nije primenjen krem. Postignuta efikasnost dekontaminacije je visoka i iznosi oko 70% od inicijalne aktivnosti za radiojod i radiocezijum, a preko 95% za radiostroncijum.

Rezultati dati u tabeli 1. jasno svedoče o zavisnosti obima interne kontaminacije od vrste radionuklida. Izrazito niski nivoi telesnog sadržaja detektovani su u uslovima kontaminacije opekotim radiostroncijumom, koji su za sto i više puta niži u odnosu na radiojod i radiocezijum.

LITERATURA

1. Milivojević K., Stojanović D. i sar., Kinetika prodiranja radiocezijuma u organizam preko termičke opekotine kože i mogućnosti dekontaminacionog tretmana, Medicinski spektar, br. 4, 21-25, Skoplje, 1975.
2. Iljin L.A., Ivanikov A.T., Radioaktivnie veščestva i rani, str. 122, Atomizdat, Moskva, 1979.
3. Milivojević K., Stojanović D., Decontamination of Wounds and Problems of Differential Diagnosis at External Irradiation, VI Congress IRPA "Radiation-Risk-Protection", Vol. II, 853-856, Berlin (West), 1984.

EXAMINATION OF THE PROPHYLACTIC EFFEKTS OF THERAPEUTICAL CREAMS AT CONTAMINATION OF THERMAL BURN WITH RADIONUKLIDES

Summary -The absorption of radionuclides through thermal burns of the skin II B and III degree on the back of rats have been investigated. Observed and the degree of internal contamination in the conditions of pretreatment with therapeutical creams and decontamination treatment also. The radiocontaminantion was carried out with solution $^{137}\text{-CsCl}$, $^{85}\text{-SrCl}_2$ and NaI-^{131} (1,48 MBq). The results obtained shows high prophylactic effect of used therapeutical cream Solcoseryl.

XV Jugoslavenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Priština, 6.-9. VI. 1989.

ODRAZ INTERAKCIJE GAMAFOSA (WR-2721) I ATROPINA NA NEKE BIOLOŠKE EFEKTE U ŠTAKORA

Bjegović, M., Deanović, Ž.

Institut "Ruder Bošković", 41001 Zagreb, p.p. 1016

Sažetak: U radu je ispitana mogućnost modifikacije efekata WR-2721 na somatosenzorne evocirane odgovore, arterijski krvni tlak i frekvenciju disanja u štakora pomoću atropina. Rezultati ukazuju da atropin potencira djelovanje gamafosa na maksimalnu amplitudu evociranih odgovora pod uvjetom da se primijeni u intervalu od 20 min. Izvan toga perioda efekt izostaje. "Zaštitna" uloga atropina u odnosu na djelovanje WR-2721 na frekvenciju disanja ovisi o spolu. Prisutna je samo u mužjaka.

Uvod

Tiofosforni derivat cisteamina WR-2721 (gamafos) pokazuje dvostruko veću radioprotektivnu efikasnost u odnosu na druge članove iste srije. Međutim, ustanovljeno je da WR-2721 u visokim dozama izaziva ozbiljan akutni poremećaj u motorici i ponašanju štakora već 30 min nakon i.p. injekcije, koji se pripisuje njegovu djelovanju na aferentne puteve i centralnu transmisiju (1). S druge strane, WR-2721 u takvim dozama inducira intenzivne kardiovaskularne promjene (2). Osim toga, pokazano je da WR-2721 potencira hipotenzivne efekte ACh i dugotrajno, ali reverzibilno, inhibira enzim acetilkolinesterazu (AChE) u krvi (2).

Svrha ovog rada bila je: ustanoviti da li atropin, primijenjen i.p., interferira s promjenama evociranog odgovora moždane kore anestetiziranih štakora, koje (promjene) je izazvao prethodni tretman s WR-2721 (vlastiti neobjavljeni rezultati).

Materijal i metode

Eksperimenti su izvedeni na odraslim Wistar štakorima oba spola, anestetiziranim uretanom (1.4 g/kg i.p.). Nakon što je glava životinje učvršćena u stereotaktički aparat, pristupilo se operativnom zahvatu otvaranja lubanje i odstranjivanju tvrde moždane opne u somatosenzornom području moždane kore. Mozak je vlažen ugrijanom (37°C) Krebs-Ringerovom otopinom ukapavanjem preko filter papira. Somatosenzorni evocirani odgovori, izazvani stimulacijom kontralateralne šape, registrirani su iz kortikalne površine s monopolarnom Ag-AgCl elektrodom smještenom na područje maksimalnog odgovora. Tijekom svakog pokusa

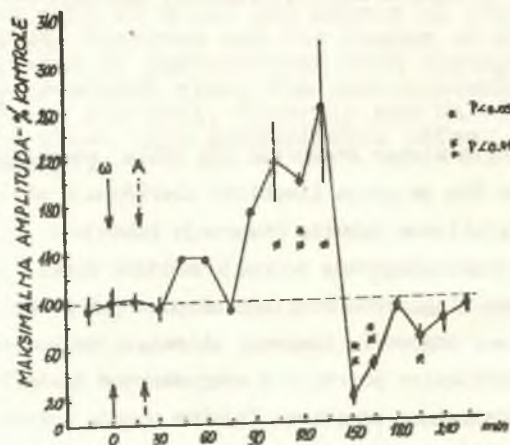
kontinuirano smo pratili vrijednosti arterijskog krvnog tlaka kanilom uvedenom u a. femoralis, koja je preko Stathamovog transducera bila vezana na poligraf. Tjelesna temperatura životinje stalno je održavana između 36 i 38°C. Gamafos smo injicirali i.p. (1/3 LD50, tj. 164 mg/kg tjelesne težine). Primijenili smo i.p. tri različite doze atropina: 1, 5 i 10 mg/kg.

Dio eksperimenata izveden je na anesteziranim životinjama koje nisu bile izložene operacijskom stresu, već su podijeljene u 3 grupe od kojih je prva predstavljala kontrolu (injicirana s fiziol. otopinom), druga grupa tretirana je s WR-2721, dok je trećoj 20 min nakon WR-2721 dodan atropin.

Podaci su obrađeni Studentovim t-testom, te metodom diferencija.

Rezultati i diskusija

I.p. primjena atropina (1 mg/kg) 20 min nakon pretretmana štakora (mužjaka) s WR-2721 (164 mg/kg i.p.) ne utječe na karakterističan inicijalni porast evociranog kortikalnog odgovora (EKO) koji se javlja u periodu od 30-te do 45-te min (35-40 % iznad kontrole), a dobiven je u pokusima gdje je korišten samo WR-2721 ((nepublicirani vlastiti rezultati). Efekt gamafosa javlja se sada nešto kasnije (između 45 i 60 min), a naglašen je porast maksimalne amplitude evociranog odgovora (80-160 % iznad kontrole) i nastupa između 105 i 135-te min; nakon toga, maksimalna amplituda evociranog odgovora signifikantno pada da bi 225 min poslije primjene gamafosa i 205 min nakon primjene atropina nastupio potpuni oporavak tj. povratak na vrijednosti kontrole (slika 1). Za sada ne možemo objasniti ovaj "potencirajući" efekt atropina na djelovanje WR-2721, premda je poznato da i.p. aplikacija atropina (0.2-1 mg/kg) "per se" povećava evocirane odgovore u glodavaca (3). S druge strane, slične promjene EKO koje se zapažaju nakon aplikacije WR-2721, javljaju se u hipoksiji mozga (4). Kada



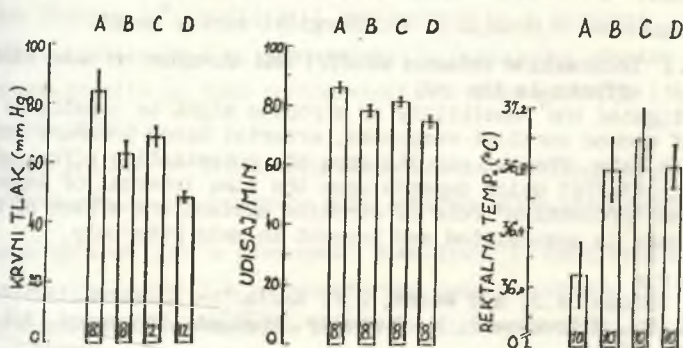
Slika 1. Djelovanje WR-2721 (w=164 mg/kg i.p.; 0-ta min) i atropina (A=1 mg/kg i.p.; 20-ta min) na maksimalnu amplitudu evociranog odgovora. Grafički su prikazane \bar{x} + SEM od 3 pokusa.

se vremenski interval između pretretmana štakora s WR-2721 i primjene atropina produži na 45 min, promjene na amplitudi izostaju.

Da bismo dobivene efekte pokušali objasniti, moramo se poslužiti sa nekoliko objavljenih podataka, kao i sa vlastitim (još neobjavljenim) rezultatima na mačkama. Naime, topikalna primjena ACh zajedno sa neostigminom, ako je korteks pretretiran atropinom, povećava somatosenzorni odgovor (5, 6). Nadalje, ako je WR-2721 inhibitor AChE (2) onda bi tranzitorni porast oslobađanja ACh iz atropinizirane moždane kore (vlastiti nepublicirani rezultati na mački) mogao objasniti i naš pokazani porast maksimalne amplitude EKO u štakora. Ujedno bi to bio i prilog pretpostavki da WR-2721 djeluje putem kolinergičkog sustava mozga.

Arterijski krvni tlak štakora u ovim našim eksperimentima, ne pokazuje tendenciju oporavka pod utjecajem atropina. Međutim, poznato je da varijacije krvnog tlaka u glodavaca i za 50 % ne mogu utjecati na somatosenzorne evocirane odgovore (7). Razlog neefikasnosti "zaštitne" uloge atropina na krvni tlak u našim pokusima, za razliku od drugih autora (2), možda bismo mogli protumačiti operacijskim stresom, kojemu je podvrgnuta uspavana životinja, a uključuje pored anestezije i operativni zahvat na krvnim žilama, trepanaciju lubanje i odstranjenje moždanih opni, te stres električne stimulacije da bi se izazvao evocirani odgovor (slika 2). Sam operativni zahvat obara krvni tlak za 25 % ($P < 0.05$ metodom diferencije) a WR-2721 za dodatnih 21.4 % ($P < 0.05$). Utjecaj na disanje je blaži, premda također signifikantan (pad od 8-9 %), dok se rektalna temperatura (RT) u ovim pokusima ne mijenja značajno u početku operacije, a kasnije se RT umjetno podržava na 36-38°C.

U prilog pretpostavke o sudjelovanju stresa govore i rezultati pokusa na anestetiziranim neoperiranim mužjacima štakora, gdje se pokazao signifikantan



Slika 2. Utjecaj operacijskog stresa na neke biološke parametre (krvni tlak, frekvencija disanja, rektalna temperatura)

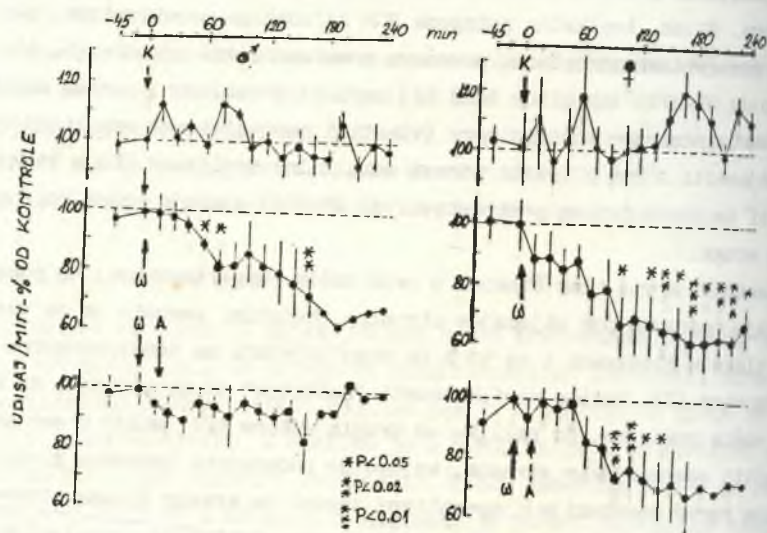
A = prije operacije (trepanacija, kaniliranje)

B = iza operacije

C = 0-to vrijeme (neposredno prije aplikacije WR-2721)

D = 30-45 min nakon inj. WR-2721 (164 mg/kg i.p.; maksimalni efekt na EKO)

pad u broju udisaja/min kroz period od 4 sata nakon injiciranja WR-2721 (slika 3). Čini se da postoji razlika osjetljivosti na WR-2721 s obzirom na spol. Ženke štakora pokazale su veću reaktivnost na WR-2721, a "zaštitna" uloga atropina je u njih izostala (slika 3).



Slika 3. Djelovanje WR-2721 (164 mg/kg i.p.) na frekvenciju disanja u neoperiranih Wistar štakora oba spola

1. K = kontrola (injekcija fiziol. otop.)
2. w = WR-2721 (164 mg/kg i.p.)
3. A = atropin (1, 5, 10 mg/kg i.p.) injicirana 20 min nakon WR-2721 (w).

Zaključili smo da WR-2721 ima izraziti farmakološki efekt inducirajući jasne promjene u evociranoj aktivnosti mozga, najvjerojatnije zbog izazvane hipoksije mozga; ujedno sposobnost atropina da interferira s učinkom gamafosa ukazuje na mogućnost utjecanja na kolinergički sustav mozga.

Abstract: Interaction between WR-2721 and atropine on some biological effects in the rat

We investigated the possibility if atropine might be capable to modify the reactivity of evoked cortical responses, arterial blood pressure and the respiration rate in rats. Present results show the potentiating effect of atropine in relation to WR-2721 which depends upon the time interval of injection of two drugs. The "protective" role of atropine against the effect of WR-2721 on respiration rate is sex related and present in male rats only.

Literatura

1. Bogo, V., Jacobs, A.J. and Weiss, J.F. *Radiation Research*, 1985:104:182-190.
2. Cvetković, M., Milovanović, M. *Jugoslav. Physiol. Pharmacol. Acta*, 1985:21 (suppl. 4): 25-26.
3. Schmidt, J., Wolf, H. *Acta biol. med. germ.* 1972:29:723-728.
4. Borbely, A.A. in "Pharmacological modifications of evoked brain potentials, Verlag Hans Huber Bern, 1975, p.16.
5. Chatfield, P.O., Lord, J.T. *Electroenceph. clin. Neurophys.* 1955:7:553-556.
6. Chatfield, P.O., Purpura, D.P. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 1954:6:287-298.
7. Dear, E.M.A., Malcolm, J.L. *Int. J. Neuropharmacol.* 1967:6:529-542.

RADIOPROTEKTOR GAMAFOS (WR-2721) I KOAGULACIJA KRVI U OZRAČENIH ŠTAKORA

Deanović Ž., Banović M.* i Jernej B.

Institut "Ruder Bošković", 41001 Zagreb, p.p. 1016

*Zavod za transfuziju krvi SRH, 41000 Zagreb, Petrova 3

Sažetak: Analizom odabranih tromboelastografskih parametara i brojenjem trombocita u krvi uzetoj 4-og dana poslije gama-ozračenja, nađeni su značajni otkloni u skupini samo letalno ozračenih štakora. Injiciranje gamafosa u radioprotektivnoj dozi 15 min prije takvog ozračenja u znatnoj mjeri vraća te otklone prema normali. Moglo se zaključiti da WR-2721 ublažava postradijacijsku trombocitopeniju, dobrim dijelom normalizira brzinu procesa koagulacije i poboljšava kvalitet ugruška.

Uvod

Proces koagulacije krvi moguće je funkcionalno i dinamički pratiti pomoću tromboelastografije. Mi smo ranije pokazali⁽¹⁾ da letalne doze gama-zračenja značajno mijenjaju neke parametre tromboelastograma (TEG) i da te promjene - zajedno sa nastupajućom trombocitopenijom - mogu poslužiti u prognoziranju hemoragičkih komplikacija koje se obično pojavljuju tijekom akutne radijacijske bolesti. U ovom radu htjeli smo vidjeti kako WR-2721 (gamafos, "Bosnalijski"), primijenjen i.p. štakorima 15 min prije letalnog ozračenja (gama⁶⁰Co), utječe na pojedine elemente TEG i na broj trombocita.

Materijal i metode

48 Wistar štakora (♂) podijelili smo nasumce na 4 skupine:

- I. 12 štakora primilo je i.p. samo injekciju fiziološke otopine
- II. 12 štakora primilo je samo radioprotektivnu dozu gamafosa (164 mg/kg i.p., = 1/3 LD-50)
- III. 12 štakora primilo je fiziološku otopinu plus ozračenje (8,7 Gy)
- IV. 12 štakora primilo je spomenutu dozu gamafosa plus ozračenje (8,7 Gy).

Za ozračivanje upotrebljen je panoramski gama-izvor (⁶⁰Co); brzina doze bila je 1,8 Gy/min a udaljenost 1,5 m. Absorbirana doza u području osi štakora bila je provjerena kemijskim dozimetrima DL-M4 (Institut "R. Bošković"). Svim životinjama uziman je uzorak krvi iz jugularne vene (1 mL + antikoagulans ACD) četvrtog dana nakon ozračenja (ili lažnog ozračenja). Iz uzoraka krvi centrifugiranjem se pripremala plazma bogata trombocitima (PRP) primjenom vlastite modificirane metode⁽²⁾. TEG je sniman na aparatu "Elvi 810" a trombociti su

brojeni elektronskim brojačem "HPC 52".

Rezultati

Na tablici su prikazani brojčani rezultati u vidu srednjih vrijednosti (M) i njihovih standardnih pogrešaka (SEM) kako za broj trombocita tako i za 4 najznačajnija TEG parametra i to za svaku skupinu štakora posebno.

Tablica

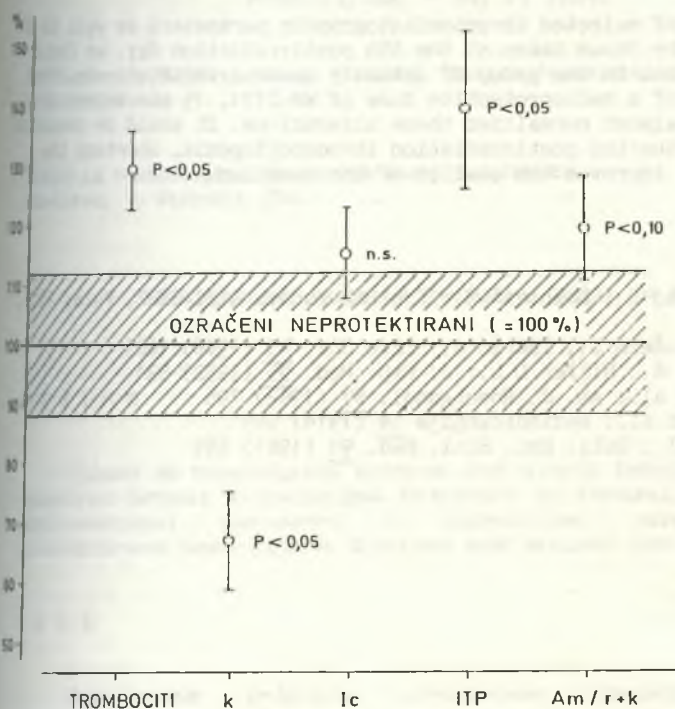
Grupe		I (n=12)	II (n=12)	III (n=12)	IV (n=12)
		Fiziol. otop.	Gamafos	Fiz.o.+8,7 Gy	Gamaf.+8,7Gy
Broj trombocita ($\times 10^3/\mu\text{L PRP}$)		562,8 \pm 21,5	561,5 \pm 20,3	318,4 \pm 11,9	410,4 \pm 18,9
Parametri TEG	k	1,92 \pm 0,15	1,90 \pm 0,26	4,92 \pm 0,66	3,30 \pm 0,27
	Ic	185,6 \pm 12,2	184,6 \pm 15,6	106,2 \pm 7,1	120,0 \pm 9,4
	ITP	81,0 \pm 6,4	75,5 \pm 12,0	25,7 \pm 4,2	35,8 \pm 4,7
	Am/r+k	6,40 \pm 0,47	6,82 \pm 0,64	3,60 \pm 0,37	4,30 \pm 0,37

Parametri tromboelastograma (TEG):

- k = konstanta trombina
- Ic = indeks koagulabilnosti (100 x tangens kuta alfa)
- ITP = indeks trombodinskog potencijala (E_m/k)
- E_m = maksimalni elasticitet (100 x A_m / 100 - A_m)
- A_m = maksimalna amplituda
- r = konstanta tromboplastina
- Am/r+k = ako je kvocijent povišen, govori za hiperkoagulabilnost,
" " " " snižen, govori za hipokoagulabilnost.

Vidi se da sam gamafos nije bitno mijenjao ni jednu od izabranih varijabla. Međutim, kad su životinje bile ozračene sa 8,7 Gy, pojavile su se vrlo značajne razlike između skupina I i III. Da bismo analizirali učinak gamafosa na ozračene štakore, usporedili smo grupe III i IV (vidi sliku). Tu se razabire da je broj trombocita bio u zaštićenoj skupini (IV) značajno viši ($p < 0,05$) nego u nezaštićenoj (III); isto se pokazalo i sa indeksom trombodinskog potencijala (ITP) koji održava i kvalitet (elasticitet) ugruška i brzinu njegova nastajanja. Konstanta trombina (k) bila je značajno kraća u zaštićenih ozračenih životinja nego li u samo ozračenih ($p < 0,05$) što znači da gamafos popravlja proces nastajanja trombina koji samo zračenje bitno usporava. Indeks koagulabilnosti (Ic) kao odraz stvaranja fibrina, jednako kao i kvocijent Am/r+k koji "govori" o brzini nastajanja i o kakvoći koaguluma, nisu bili sig-nifikantno promijenjeni no izražena je tendencija ka popravljanju ovih

parametara u gamafosom injiciranih i ozračenih štakora.



Slika: Otkloni parametara TEG u štakora zaštićenih gamafosom (164 mg/kg i.p.) a zatim ozračenih (8.7 Gy) prema jednako ozračenju ali nezaštićenju kontrolnoj skupini (100 %). N=12 štakora u svakoj skupini. Točke označuju srednju vrijednost (M) a vertikalne crte standardnu pogrešku srednje vrijednosti (SEM). Svim životinjama uzet je uzorak krvi (1 mL) četvrtog dana poslije ozračenja.

Diskusija i zaključci

Odavno je poznato da letalne doze zračenja narušavaju "kaskadu" koagulacijskih zbivanja^(3,4,5,6). Budući da TEG daje dobar uvid u dinamiku nastanka i u kvalitet ugruška, a s druge strane da gamafos prvenstveno zaštićuje krvotvorno tkivo, nametnulo se pitanje u kojoj mjeri gamafos modificira parametre TEG i broj trombocita u ozračenim životinjama.

Razmotrivši naše rezultate, došli smo do sljedećih zaključaka:

- Gamafos, primijenjen u radioprotektivnoj dozi, ublažava postradijacijsku trombocitopeniju.
- Ovaj radioprotektor dobrim dijelom normalizira brzinu procesa koagulacije, koju samo zračenje usporava.
- WR-2721 poboljšava kvalitet ugruška, koji je zračenjem narušen.
- On dovodi do popravljivanja usporene dinamike nastajanja fibrina što je zračenje uzrokuje.

Abstract: WR-2721 and blood coagulation in irradiated rats.

By the analysis of selected thromboelastographic parameters as well as of platelet counts in the blood taken at the 4th postirradiation day, we found significant alterations in the group of lethally gamma-irradiated rats. The i.p. administration of a radioprotective dose of WR-2721, 15 min before irradiation (8.7 Gy), almost normalized these alterations. It could be concluded that WR-2721 alleviates the postirradiation thrombocytopenia, shortens the coagulation time and improves the quality of the coagulum.

Literatura:

- (1) Banović M., Jernej B., Deanović Ž.: Zbornik radova XIII JSZZ, Pula, 1985, p. 217
- (2) Jernej B., Čičin-Šain L., Iskrić S.: Life Sci. 43 (1988) 1663
- (3) Colgan J., Gates E., Miller L.L.: J. Exp. Med. 95 (1952) 531
- (4) Cronkite E.P. et al.: Am. J. Roentgenol. 67 (1952) 796
- (5) Panomarev J.T. et al.: Radiobiologija 14 (1974) 545
- (6) Baluda V.P. et al.: Bull. Exp. Biol. Med. 91 (1981) 559

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Priština, 06. - 09. VI 1989.

Z. Milošević, R. Kljajić, Z. Herceg, Danica Hasanbašić, P. Ciganović,
P. Slijepević

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta
Sarajevo, V. Putnika 134.

HEMORAGIČNI SINDROM SVINJA U TOKU A R S

REZIME

Opisan je hemoragični sindrom kod svinja letelno ozračenih visokoenergetskim X-zračenjem. Prikazani su klinički, hematološki i pato-anatomski parametri i diskutirani uzroci pojave generalizirane hemoragične dijateze kod letalno ozračenih svinja.

U V O D

Radijacione promjene uzrokovane biološkim djelovanjem visokih doza jonizirajućih zračenja očituju se kao akutni radijacioni sindrom (ARS). Jedna od najvažnijih posljedica teškog radijacionog oštećenja organizma je opća hemoragična dijateza za koju, zbog značaja u toku radijacione bolesti i višestrukih uzroka, postoji adekvatniji naziv - hemoragični sindrom. Očituje se nizom kliničkih, hematoloških i patoloških promjena od kojih su najznačajnije one u perifernoj krvnoj slici te generalizirano krvarenje u svim organima i tkivima zbog teškog oštećenja mikrovaskulature tj. kapilara, arteriola i venula a češće i većih krvnih sudova.

MATERIJAL I METODE RADA

Ekperimentom je obuhvaćeno 12 svinja pasmine "landras" oba pola, starosti 4-6 mjeseci i težine 35-45 kg. životinje su ozračene X-zračenjem sa linearnog akceleratora, bilateralno

podijeljenom dozom od 4.2 Gy. Period posmatranja je bio 30 dana. Analiza krvnih elemenata je vršena 1, 3, 7, 14 i 21 dana nakon ozračivanja. Izvršena je patoanatomska i patohistološka analiza organa uginulih životinja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Klinički simptomi hemoragičnog sindroma svinja se pojavljuju već 6.-7. dana po ozračivanju, pojavom djelimično krvavog proljeva te prvim petehijalnim krvarenjima na koži. U fazi razvijenih kliničkih simptoma bolesti koža je posuta tačkastim i slivenim krvarenjima. Obilno krvarenje iz rektuma, hematurija te krvarenja na usta i nosne otvore upotpunjuju kliničku sliku hemoragičnog sindroma.

Promjene u broju trombocita ozračenih svinja su drastične već 24 sata po ozračivanju. Trombociti pokazuju konstantan pad sve do uginuća, kada dostižu svega oko 10% prvobitne vrijednosti (graf. 1.). Sve eksperimentalne životinje su uginule u periodu od 9. - 20. dana.

Pato-anatomski nalazi su karakteristični za hemoragični sindrom. Brojna krvarenja duboko u subkutisu i muskulaturi su posljedica veće penetrantnosti visokoenergetskog X-zračenja. Opća pleuralna i subpleuralna krvarenja, nalaz pulmonalnih hematoma formiranih od opsežnih krvarenja u emfizematoznim mjehurima te krvarenja u bronhiolama ukazuju na direktno oštećenje malih krvnih sudova i kapilara.

Krvarenja u mukozni organa probavnog sistema su uvijek prisutna u znatnom intenzitetu. Najintenzivnija su u jejunumu i ileumu. Histološki se nađu znatna krvarenja oštećenih malih krvnih sudova u lamini propriji i submukozni. U nekoliko slučajeva nađena su veća krvarenja u lumen crijeva sa hematoma koji ga zatvaraju. Vaskularna oštećenja su i u ovom sistemu jedan od glavnih uzroka za nastale promjene, kako u pogledu morfologije tako i u pogledu funkcije.

U svim slučajevima patološke pretrage srca nađu se brojna krvarenja subepikardijalno, subendokardijalno a kod nekih životinja i u miokardu. Promjene u mikrovaskulaturi jetre i bubrega, sa izraženim krvarenjima subkapsularno i u parenhimu, upotpunjuju sliku opće hemoragične dijateze. I centralni nervni sistem, bez obzira na najveću radiorezistentnost njegovog tkiva, pokazuje znatne patološke promjene u obliku edema, brojnih sitnih i slivenih krvarenja kao znak teškog oštećenja mikrovaskulature.

Razmatrajući sve patomorfološke promjene na ispitivanim organima i sistemima može se ustanoviti da u osnovi patoanatomske slike ARS svinja stoji opća hemoragična dijateza. Krvarenja su nađena u svim tkivima ali naročito upadljivo i u pravilu su

pogođeni srce, visceralna i parijetalna pleura, te sluznice crijeva i želuca kao i njihove seroze.

Direktne i/ili indirektne promjene inducirane u endotelu mikrovaskulature dovode do malih ili velikih povećanja endotelne propustljivosti sa posljedičnom plazmatskom transudacijom u zidove krvnih sudova, ekstravaskularno i u intersticij. Endotelne promjene i promjene vaskulo-vezivnog tkiva progrediraju do reduciranja cirkulacije krvi kroz mikrovaskulaturu.

Edem i proliferacija endotela sužavaju lumen malih krvnih sudova ili dovode do njihove opstrukcije. Krvna kongestija, koja postoji u svim akutno ozračenim organima, povećava permeabilitet endotela. Dolazi i do stvaranja fisura u zidovima manjih krvnih sudova sa razvojem krvarenja. Ove promjene dovode do redukcije cirkulacije krvi i stvaranja tromba što može rezultirati nekrozom.

Analizirajući uzroke hemoragične dijateze kod letalno ozračenih svinja, možemo kao prvi uzeti opisano teško oštećenje mikrovaskulature. Drugi faktor je velika trombocitopenija uzrokovana radijacionim promjenama u koštanoj srži. I konačno, nalazi infekcije i upale, naročito u sklopu teških pneumonija, dovode do pretpostavke da bakterijski toksini i toksični raspadni produkti (histamin i serotonin) dovode do poremećaja koagulacije krvi, hemodinamike i permeabiliteta krvnih sudova.

Prisustvo tromba u krvnim sudovima uz razvoj hemoragičnog sindroma, što pokazuju i naši nalazi, potkrepljuju tvrdnju mnogih autora da je hemoragični sindrom usko vezan za diseminiranu intravaskularnu koagulaciju (DIK) koja nastaje zbog direktnog oštećenja endotela kapilarnih krvnih sudova, što dovodi do pojačane tromboplastične aktivnosti u ovoj fazi koagulacije.

Na osnovu iznijetih rezultata može se zaključiti:

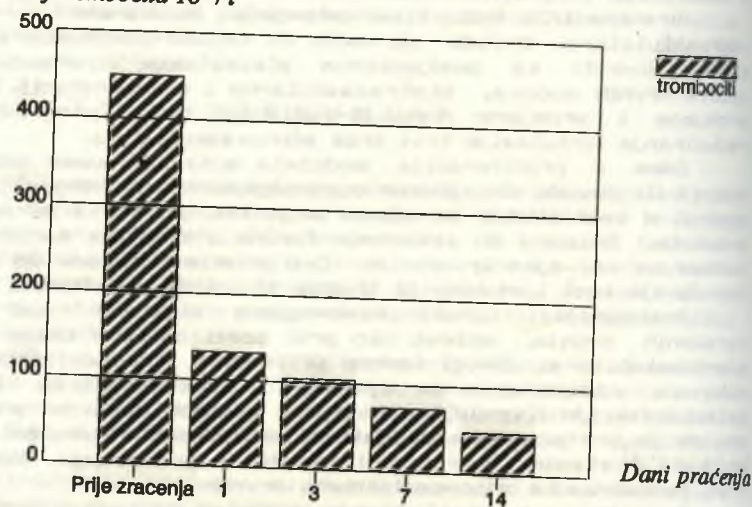
- Patološke promjene kod svinja ozračenih letalnim dozama visokoenergetskog X-zračenja su karakterizirane općom hemoragičnom dijatezom.

- U svim organima postoji teško oštećenje mikrovaskulature sa edemom i proliferacijom endotela te ekstravazacijama.

- Uzroci hemoragične dijateze su, osim oštećenja mikrovaskulature i velika trombocitopenija te bakterijski toksini i toksični raspadni produkti nekrotiziranog tkiva.

- Hemoragični sindrom je usko vezan za diseminiranu intravaskularnu koagulaciju (DIK).

Broj trombocita $10^9/l$



Grafikon 1. Kretanje broja trombocita u perifernoj krvi

HAEMORRHAGIC SYNDROME OF SWINES DURING A R S

SUMMARY: Haemorrhagic syndrome of swines irradiated lethally by highly-energetic X-rays is described. Clinical, hematological and pathological parameters are showed and cause of occurrence of generalized haemorrhage diathesis are discussed in swines lethally irradiated.

L I T E R A T U R A

- Case M.T., Simon J. - Veterinary research 33, 6, 1223-1230, 1972.
- Daburon F., Tricaud Y., Bourhoven D. - Reprod. Nutr. Develop. 20 (3A), 687-698, 1980.
- Koznova L.B. i sar. - Radiobiologija, 23, 5, 696-699, 1983.
- Prochazka Z., Hampl J., Sedlaček M. - Strahlentherapie, 150, 5, 526-531, 1975.
- Shymko R.M. i sar. - Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 10, 1079-1085, 1984.
- Chomete G. i sar. - Virchows Arch. B. Cell. Path. 23, 237-425, 1975.

UTICAJ GAMAFOSA* NA STVARANJE SUPEROKSIDNIH RADIKALA
U NEKIM STRUKTURAMA MOZGA OZRAČENIH PACOVA

Ivanović L., Stanimirović D., Cernak I. i Simović M.

Institut za eksperimentalnu medicinu,
Vojno-medicinska akademija,
Beograd

*) S-2-(3-aminopropilamino)-etiltiofosforna kiselina, WR-2721

Adresa: Institut za eksperimentalnu medicinu VMA, Crnotravska 17,
11000 Beograd.

UVOD

Apsorpcija energije jonizujućeg zračenja u molekulima dovodi do stvaranja slobodnih radikala, koji brzo ulaze u hemijske reakcije izazivajući oštećenja makromolekula koja mogu dovesti do oštećenja i smrti ćelija. Činjenica da je kiseonik nekoliko puta rastvorljiviji u nepolarnoj sredini, kao i prisustvo visokog sadržaja holesterola i polinezasićenih fosfolipida, pored ostalog, čine moždano tkivo posebno osetljivim na oštećenje slobodnim radikalima (2). Peroksidaciono dejstvo slobodnih radikala dovodi do funkcionalnog i morfološkog oštećenja ćelijske membrane (2), čija je intaktnost osnova funkcionisanja ekscitabilnih ćelija. Pretpostavlja se da supstance koje smanjuju stvaranje ili potpomažu uklanjanje slobodnih radikala (tokoferol, vitamin C) deluju zaštitno na funkciju membrane (10).

Gamafos je izrazito hidrofилna supstanca što otežava njegov prolaz kroz hematoencefalnu barijeru (8). Podaci (7) ukazuju da je hipoksija u osnovi radioprotektivnog efekta gamafosa. Stanje hipoksija/reoksidacija može da dovede do stvaranja slobodnih radikala. Cilj našeg rada je bio da se ispita uticaj gamafosa na stvaranje superoksidnog anjonskog radikala u nekim delovima mozga ozračenih pacova.

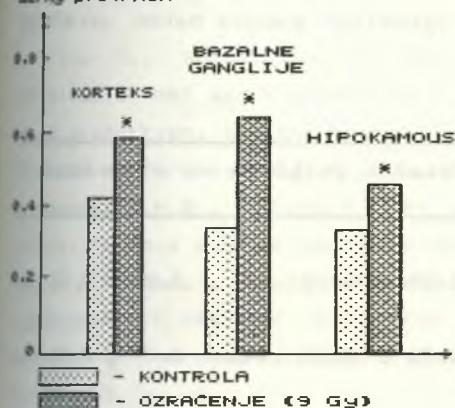
MATERIJAL I METODE

Pacovi soja Wistar, telesne mase 250-300 gr., podvrgnuti su ozračenju celog tela dozom od 9 Gy X-zraka (Philips-ov linearni akcelerator, 8 MeV). Gamafos je dat u dozi od 1.2 mmol \times kg⁻¹ t.m. ip., uvek 20 minuta pre ozračenja. Sedam dana nakon ozračenja (faza kliničkih manifestacija akutne radijacione povrede) životinje su dekapitirane, a glave su potopljene u tečni azot. U neprečišćenoj mitohondrijalnoj frakciji (4) kore prednjeg mozga, bazalnih ganglija i hipokampusa mereno je stvaranje superoksidnih radikala. Sadržaj proteina u uzorcima određivan je po metodi Lowry-ja i sar. (5). Statistička obrada rezultata vršena je testiranjem razlike među grupama jednosmernom analizom varijanse (ANOVA) i poređenjem grupa metodom najmanje razlike kvadrata.

REZULTATI

Sedam dana posle ozračenja celog tela pacova zapaženo je povećanje stvaranja superoksidnih radikala u svim ispitivanim

$\Delta I/\text{mg prot}/\text{min}$



Grafik 1: Stvaranje superoksidnih radikala u strukturama mozga pacova nakon ozračenja (9 Gy).

regionima mozga u poređenju sa moždanim tkivom intaktnih pacova. U kori prednjeg mozga ovo povećanje iznosilo je 158%, u bazalnim ganglijama 238%, a u hipokampusu 142%, što je značajno (ANOVA, $p < 0,01$) povećanje u odnosu na kontrolne vrednosti (Grafik 1).

Gamafos ne utiče na stvaranje superoksidnih radikala u moždanom tkivu intaktnih pacova (Tabela 1). Međutim, u kori prednjeg mozga i bazalnim ganglijama pacova šticeđenih gamafosom pre ozračenja, zapaženo je izrazito povećanje stvaranja superoksidnih radikala u odnosu na nešticeđene životinje. Povećano stvaranje superoksidnih radikala je pokazano i u hipokampusu šticeđenih pacova, ali ovo povećanje nije statistički značajno u odnosu na nešticeđenu grupu (Tabela 1).

DISKUSIJA

Pokazano je da su pojedini regioni mozga (bazalne ganglije, hipokampus) selektivno osetljivi na patofiziološke nokse: ishemiiju, epilepsiju, X-zračenje (6).

Ozračenje celog tela pacova dozom od 9 Gy, nedovoljnom da izazove smrt nervnih ćelija, dovodi do povećanog stvaranja superoksidnih radikala u moždanom tkivu. Ovo povećanje je najizraženije u bazalnim ganglijama, što se može objasniti visokim sadržajem dopamina čiji metabolizam predstavlja značajan izvor slobodnih radikala (3). Gamafos je stimulisao stvaranje superoksidnih radikala (O_2^-) u svim ispitivanim delovima mozga. Povećanje količine O_2^- je

Tabela 1: Stvaranje superoksidnih radikala u strukturama mozga neštićenih i šticećenih (gamafos) pacova nakon ozračenja celog tela (9 Gy).

Tretman	Korteks	Bazalne ganglije	Hipokampus
Kontrole	0.36 ± 0.05 (4)	0.25 ± 0.10 (4)	0.26 ± 0.03 (6)
Gamafos	0.36 ± 0.12 (5)	0.26 ± 0.03 (4)	0.29 ± 0.03 (4)
9 Gy	0.57 ± 0.04* (4)	0.60 ± 0.18* (6)	0.37 ± 0.10*(4)
Gamafos+9 Gy	0.82 ± 0.25** (6)	1.24 ± 0.37** (4)	0.46 ± 0.14*(5)

Vrednosti su date kao $\Delta E/\text{min}/\text{mg}$ proteina ($\bar{X} \pm \text{SD}$ (n)).

* statistički značajna razlika u odnosu na kontrolnu vrednost (ANOVA; $p < 0.01$).

** statistički značajna razlika u odnosu na odgovarajuću kontrolnu vrednost i u odnosu na vrednost kod neštićenih životinja (ANOVA; $p < 0.01$)

posebno izraženo u bazalnim ganglijama šticećenih pacova.

Podaci (8) ukazuju da gamafos zbog niske lipofilnosti ne štiti centralni nervni sistem. Naši rezultati pokazuju da gamafos ne utiče na stvaranje slobodnih radikala u mozgu intaktnih pacova. Međutim, u moždanom tkivu ozračenih pacova, radioprotektor stimuliše stvaranje O_2^- , što ukazuje na propustljivost hematoencefalne barijere za ovu supstancu odnosno njene metabolite.

Mehanizam radioprotektivnog dejstva gamafosa nije u potpunosti rasvetljen. Literaturni podaci (7,9) potvrđuju da tiofosforna jedinjenja izazivaju tkivnu hipoksiju. Povećanje količine slobodnih radikala u mitohondrijalnoj frakciji tkiva mozga ozračenih pacova odražava toksični efekat gamafosa na centralni nervni sistem. Pretpostavka je da su propustljivost hematoencefalne barijere za gamafos i/ili njegove metabolite i u vezi s tim nastanak stanja hipoksija/reoksigenacija, u osnovi povećanog stvaranja slobodnih radikala nakon ozračenja.

LITERATURA

1. Auclair, C., Voisin, E. and Bancou, H. (1982): Superoxide dismutase inhibitable NBT and cytochrome c reduction as probe of superoxide anion production, in *Oxy Radicals and Their Scavenger Systems*, Vol 1. Cohen, G. and Greenwald, R.A., Eds, Elsevier, New York, pp. 237-246.
2. Demopoulos, H.B., Flamm, E. et al. (1982): Oxygen free radicals in central nervous system ischemia and trauma. In: *Pathology of Oxygen*, (Autor A.F., ed.), Academic Press, New York, pp. 127-155.
3. Graham, D.G. (1978): Oxidation pathways for catecholamines in the genesis of neuromelanin and cytotoxic quinones. *Mol. Pharmacol.*, 14:633-643.
4. Gurd, J.W., Jones, L.R., Mahler, H.R. et al. (1974): Isolation and partial characterisation of rat brain synaptic membrane. *J. Neurochem.*, 22:281-290.
5. Lowry, D.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. et al. (1951): Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193:952-958.
6. Pulsinelli, W.A. (1985): Selective neuronal vulnerability: morphological and molecular characteristics. In: *Progress in Brain Research*, Vol 63 (Kogure K., Hossmann K.-A., Siesjo B.K., Welsh F.A., eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 29-37.
7. Furdie, J.W., Inhaber, E.R. (1983): Interaction of cultured mammalian cells with WR-2721 and its thiol WR-1065: Implications for mechanisms of radioprotection. *Int. J. Radiat. Biol.* 43:517-527.
8. Rasey, J.S., Krohn, K.A. et al. (1986): Synthesis, biodistribution and autoradiography of radiolabeled S-2-(3-methylaminopropylamino)-ethylphosphorothioic acid (WR-3689). *Radiat. Res.* 106:366-379.
9. Tahsilder, H.I., Biaglow, J.E. et al (1988): Factors influencing the oxidation of the radioprotector WR-1065. *Radiat. Res.* 113:243-251.
10. Yasuda, H., Shimada, A., Nakajima, A. et al. (1971): Cerebral protective effect and radical scavenging action. *J. Neurochem.* 37 (4): 934-938.

ABSTRACT

Superoxide radical formation was measured in the rat brain after whole body X-ray irradiation. In the brain structures investigated (forebrain cortex, basal ganglia, hippocampus) increased superoxide radical production was found. Pretreatment with gamafos (WR 2721) did not prevent, but even enhanced this effect of X-ray irradiation.

INTERNA KONTAMINACIJA CELOG ČOVEČIJEG TELA POPULACIJE
BEOGRADA U PERIODU 1986-88

Dj. Bek-Uzarov, M.P. Stojanović i S. Inić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

U radu je prikazano merenje interne kontaminacije ljudi koji su se nalazili u Sovjetskom savezu i u Beogradu počev od aprila meseca 1986. godine. Praćena je interna kontaminacija radionuklidima iz čovekove okoline u celom telu. Tretirani su samo stanovnici šire okoline Beograda koji nisu imali nikakvog profesionalnog kontakta sa radioaktivnim izotopima. Dati su rezultati merenja kontaminacije užih skupina ljudi.

3. Sekcija
BIODOZIMETRIJA

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Priština, 6.- 9. juni, 1989.

Žunić Zora, Horvat Djurdja, Radotić Nada, Bajić B. Vladimir i Milić Olivera
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča, P.fah 522, 11001 Beograd

EFEKAT MALIH DOZA AKUTNOG X-ZRAČENJA NA UČESTALOST HROMOZOMSKIH ABERACIJA U LJUDSKIM LIMFOCITIMA

SAŽETAK: Odredjena je učestalost hromozomskih aberacija u limfocitima (Ly) periferne krvi čoveka (in vitro), indukovanih dozama od 0.01, 0.05, 0.1 i 0.2 Gy na Rtg dozimetrijskom uređjaju (Philipps), napona 250 kV, jačine struje od 10 mA, i jačine ekspozicione doze od $8.7505 \mu\text{C kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Dobijeni rezultati pokazuju oštećenja hromozoma hromozomskog i hromatidnog tipa. Analizirano je 3000 metafaza po dozi. Odredjen je odnos između broja specifičnih hromozomskih aberacija i primenjenih doza. Utvrđjeno je da distribucija dicentričnih i prstenastih hromozoma približno linearno raste sa porastom primenjenih doza. Koristeći dobijene podatke moguće je procenjivati doze kod akcidentalnog ozračivanja i profesionalnog izlaganja zračenju niskog nivoa.

UVOD

Analiza hromozomskih aberacija u perifernim Ly in vivo, tj. u osoba ambijentalno ili profesionalno izloženih niskim nivoima [1],[2], jonizujućeg zračenja (od nekoliko 100^{-1} Gy do 1 Gy), pokazuje povećanje broja aberacija sa akumuliranjem doze u periodu od nekoliko godina [3] - [7]. S obzirom da je in vivo izlaganje niskim nivoima zračenja hroničnog karaktera, teško je koristiti ovakve podatke za ekstrapolaciju rezultata pri akutnom izlaganju zračenju niskog nivoa [8], te se prema tome stvarni efekat ozračivanja malom dozom jos uvek ne zna u potpunosti. Da bi se ovakvi efekti mogli proceniti potrebno je ispitivati posledice akutnog izlaganja zračenju niskog nivoa na Ly periferne krvi in vitro [8]. U radu se analiziraju efekti akutnog izlaganja X-zračenju niskog nivoa na Ly periferne krvi zdravog davaoca.

MATERIJAL I METODE

U eksperimentu su primenjene jednokratne doze X-zračenja od 0.01, 0.05, 0.1 i 0.2 Gy. Ozračivana je puna krv zdravog davaoca ženskog pola, starosti 50

godina, nepušača, bez hemoterapije i dijagnostike jonizujućim i nejonizujućim zračenjem u poslednjih godinu dana.

Uslovi ozračivanja: Uzorci pune krvi, zapremine 5 ml u plastičnim Nunc epruvetama ozračivani su Rtg dozimetrijskim uređajem (Philipps), pri čemu je jačina struje bila 10 mA, a napon 250 kV, sa ekspozičnom dozom \dot{X} od 8.7505 $\mu\text{C kg}^{-1} \text{s}^{-1}$. Ozračivanje krvi je izvršeno na temperaturi od 20 °C, na rastojanju od 1 m od izvora zračenja. Homogeno polje zračenja imalo je prečnik 22 cm. Za određivanje ekspozičnih doza sekundarni standard bila je PTW jonizaciona komora ($V=1\text{cm}^3$, M 23331, No 331 Freiburg, Deutschland), sa greškom od $\pm 2\%$. Primljeni su filtri: 4 mm aluminijum, 4mm kalaj. Efektivna energija X-zračenja iznosila je 170 keV.

In vitro kultura limfocita: Neposredno nakon ozračivanja, napravljene su in vitro kulture Ly. Nakon 45.og sata kultivisanja u uzorke je dodat kolhicin 0.004% rastvor u kolicini 0.5 ml po uzorku. Fiksacija Ly i preparacija hromozoma izvršena je 48.og sata kultivisanja i svi uzorci, uključujući i kontrolni, obradjeni su prema standardnom protokolu [9]. Analiza na učestalost i tip hromozomskih aberacija obavljena je na prvim in vitro metafazama.

Rezultati su prikazani tabelarno (Tabele 1 i 2), i grafički je prikazana dobijena eksperimentalna kriva doza-odgovor.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na Tabeli 1 prikazane su ekspozične doze zračenja, broj analiziranih ćelija, kao i broj aberacija po ćeliji.

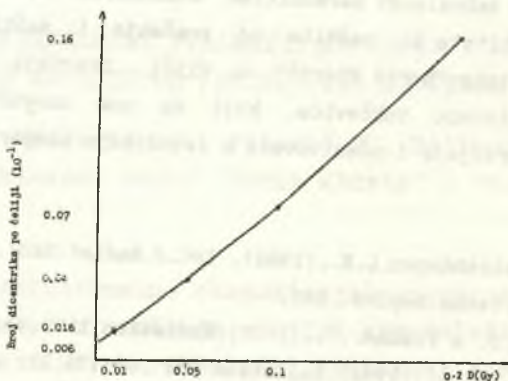
Tabela 1.

Distribucija dicentričnih i prstenastih hromozoma u zavisnosti od doze

Doza [Gy]	Broj anal. ćelija	Broj aberacija po ćeliji	
		0	1
0.	3000	2998	2
0.01	3000	2995	5
0.05	3000	2988	12
0.1	3000	2974	22
0.2	3000	2952	48

Dicentrični i prstenasti hromozomi su praćeni kao kriterijumi radijacionog oštećenja. Relativna frekvencija posmatranih aberacija u zavisnosti od doze prikazana je grafički (slika 1). Uočava se skoro linearna zavisnost u ispitivanom opsegu doza. Ovakvi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima

drugih autora [9], [8].



Slika 1: Korelacija broja dicentrika u funkciji niskih doza X zračenja

Smatra se [10] da je osnovna lezija uzrokovana jonizujućim zračenjem u DNK dvolančani prekid, i da je broj dvolančanih prekida Y izazvanih dozom D , opisan jednačinom [10], [9] $Y = C + \alpha D + \beta D^2$, u kojoj α pretstavlja verovatnoću, po jedinici doze, da je dvostruki prekid izazvan jednim tragom jonizujuće čestice, a β pretstavlja verovatnoću, po jedinici kvadrata doze, da dva nezavisno izazvana jednolančana prekida formiraju dvolančani prekid. Na osnovu literaturnih podataka [9] uočeno je da se pri niskim nivoima zračenja može zanemariti član βD^2 . Isti efekat se vidi i iz dobijenog grafičkog prikaza.

Rezultati ovog eksperimenta (Tabela 2) pokazuju veoma dobro slaganje eksperimentalnih i teoretskih vrednosti raspodele dicentričnih i prstenastih aberacija po ćeliji, što je izraženo kroz vrednost hi-kvadrat testa od $\chi^2 = 7.019833 \cdot 10^{-5}$.

Tabela 2.

Distribucija dicentričnih i prstenastih hromozoma po ćeliji

Doza [Gy]	Y	Y (Exp)
0.	$0.764 \cdot 10^{-3}$	$0.666 \cdot 10^{-3}$
0.01	$0.138 \cdot 10^{-2}$	$0.166 \cdot 10^{-2}$
0.05	$0.398 \cdot 10^{-2}$	$0.398 \cdot 10^{-2}$
0.1	$0.752 \cdot 10^{-2}$	$0.728 \cdot 10^{-2}$
0.2	$0.156 \cdot 10^{-1}$	$0.157 \cdot 10^{-1}$

Zahvalnost

Izražavamo toplu zahvalnost saradnicima Sekundarne standardne dozimetrijske laboratorije Instituta za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita", Instituta "Boris Kidrič" u Vinči, Draginji Veličković, Milošku Kovačeviću i Mladenu Vukčeviću, koji su nam omogućili korišćenje Rtg dozimetrijskog uređaja i učestvovali u izvodjenju eksperimenta.

REFERENCE

- [1] Booz, J. & Feinendegen, L.E., (1988), Int.J.Radiat.Biol., Vol. 53, No. 1, 13-21.
- [2] IAEA (1986), Techn.Rep.No. 260.
- [3] Pohl-Ruling, J. & Fischer, P., (1979), Radiation Res., Vol. 80, str. 61-81.
- [4] Brunton, W.F. et al, (1978), Radiation Res., Vol. 76, str. 159-171.
- [5] Evans, H.J. et al, (1979), Nature (London), Vol. 277, str. 531-534.
- [6] Bauchinger, M. & Kolin-Gerresheim, J., (1980), Int.J.Radiation Biol., Vol. 38, str. 577-581.
- [7] Lloyd, D.C. et al, (1980), Mutation Research, Vol. 72, str. 523-532.
- [8] Pohl-Ruling, J. et al., (1983), Mutation Research, Vol. 110, str. 72.
- [9] Lloyd, D.C. et al., (1988), Int.J.Radiat.Biol., Vol. 53, No. 1, str. 49-55.
- [10] Leenhouts, H.P. & Chadwick, K.H., (1987), Human exposure to ultraviolet radiation: Risks and regulations, (Eds. V.F.Passchier & B.F.M. Bosnjakovic), Elsevier Science Publishers, B.V. (Biomedical Division), str. 21.

EFFECT OF LOW DOSE ACUTE X-IRRADIATION ON THE FREQUENCIES OF CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN HUMAN PERIPHERAL LYMPHOCITES IN VITRO

Žunić Zora, Horvat Djurdja, Radotić Nada, Bajić B. Vladimir, Milić Olivera
The Boris Kidrich Institute of Nuclear Sciences - Vinca, P.O.Box 522,
11001 Belgrade, Yugoslavia

Abstract. The frequencies of chromosomal aberrations induced in peripheral blood lymphocytes (in vitro) by 250 kV X-rays at low doses (0.01, 0.05, 0.1, 0.2 [Gy]) were examined. The exposure rate was $8.7505 \mu\text{C kg}^{-1} \text{s}^{-1}$. The results show chromosome damages of the chromosome and chromatid types. The number of cells analysed was 3000 per dose. The relationship between the number of chromosomal aberrations analysed and the applied doses is determined. It is estimated that the distribution of dicentric and ring chromosomes increases approximately linearly with the increment of dose. These data can be applied for dose estimation in accidental irradiation and occupational exposure.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
PRIŠTINA, 06-09.VI 1989.

HEMATOLOŠKI I ENDOKRINOLOŠKI PARAMETRI OD ZNAČAJA ZA MEDICINSKE
ASPEKTE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Stojanović D., Vračarić Lj., Vuković M., Milivojević K.,
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča, Beograd

Kod profesionalne ekspozicije otvorenim i zatvorenim izvorima jonizujućih zračenja analiza hematoloških i endokrinoloških promena služi kao biološki indikator efekata zračenja. S obzirom, da je radioosetljivost organizma vrlo bliska sa osetljivošću ćelija bele i crvene loze, u praksi se koristi veći broj testova koji sa većom ili manjom pouzdanošću omogućavaju ocenu promena pod dejstvom zračenja. Korišćenje pojedinih hematoloških testova je svakako zavisno od tipa ekspozicije, naime da li se radi o eksternom ozračivanju, spoljašnjoj i unutrašnjoj kontaminaciji radionuklidima, ili udruženom delovanju ovih komponenta. Tako, kod izlaganja spoljašnjem ozračivanju efekat je najizrazitiji kod opšteg izlaganja i zavisi od veličine apsorbovane doze zračenja, brzine doze, načina izlaganja, vrste zračenja i dr. Kod unutrašnje kontaminacije organizma i pratećeg ozračivanja od značaja je pored radijacionih karakteristika i delovanje kofaktora hemijske prirode.

Pri eksploataciji nuklearnih postrojenja redovno se javljaju problemi vezani za kontaminaciju i ozračivanje ljudstva. Mnogi od potencijalnih kontaminanata koji imaju visok prinos u fisijski predstavljaju osteotropni radionuklidi koji fiksirajući se za koštano tkivo uslovljavaju na odredjen način i njihove specifične efekte na hematopoezni sistem.

Cilj i značaj hematološke kontrole u oceni zdravstvenog stanja profesionalno izložene populacije izvorima jonizujućeg zračenja proizilazi iz mogućnosti lakog utvrđivanja numeričkih i morfoloških promena u ćelijama periferne krvi, sprovođenja potrebne kontrole a što omogućava dosta pouzdanu procenu zdravstvenog stanja u korelaciji sa drugim kliničkim i laboratorijskim nalazima, kao i ocenu ispunjenja uslova za rad sa izvorima jonizujućih zračenja /1/.

Od hematoloških testova u praksi se najčešće koriste:

- izmene broja cirkulirajućih ćelija,
- pojava mladih ćelija,
- pojava aberantnih ćelija /binuklearni limfociti, fragmentacija jezdra limfocita, granulociti sa izmenjenom strukturom hromatina i hipersegmentacijom jezdra, plazmocitoidne mononuklearne ćelije, gigantski trombociti/.

Mnogi od ovih testova koriste se naročito pri izlaganju niskim dozama a kod radijacionih akcidenata koriste se i drugi postupci za fizičku i biološku dozimetriju /dozimetrija ambijenta, vreme nastanka simptoma radijacione bolesti, pik granulocita, pojava pancitopenije, hromozomske aberacije i rana dijagnostika biohemijskim testovima i dr./2/.

Za interpretaciju hematoloških podataka neophodno je uzeti u obzir preporuke ICRP, jer od značajnih kasnih posledica dejstva jonizujućih zračenja dolaze u obzir i leukoze. Crvena kostna srž se najčešće smatra uzrokom leukoza izazvanih ozračivanjem, dok ostala hematopoezna tkiva izgleda da imaju manju ulogu u leukogenezi. Za zaštitu od zračenja faktor rizika za nastanak leukemije je $2 \times 10^{-3} \text{ Sv}^{-1}$ /3/.

Polazeći od utvrđenih saznanja i gore iznetih činjenica u radu je izvršena analiza hematoloških i endokrinoloških podataka dobijenih za duži vremenski period kod ljudi zaposlenih u zoni jonizujućih zračenja, pošto je sistematsko praćenje promena izazvanih produženom ekspozicijom niskim dozama zračenja pogodno za opservaciju i ocenu zdravstvenog stanja.

Materijal i metode rada koji se odnose na ispitivane osobe u pogledu pola, godina života, srednje godišnjim i ukupno primljenim dozama, radnom stažu sa izvorima zračenja uključivali su: 1. hematološke parametre - numeričke i citomorfološke varijacije uobličjenih elemenata bele i crvene loze u perifernoj krvi kao i megakariocitno-trombocitarnog sistema, kao i drugih relevantnih hematoloških pokazatelja za akutnu ili hroničnu ekspoziciju i 2. endokrinološke parametre - FSH, LH, prolaktin, estradiol, progesteron, testosteron, kortizol.

Na osnovu mnogih analiza i dobijenih rezultata moguće je izvesti sledeće konstatacije:

- U radijacionoj medicini hematološke i endokrinološke promene su od posebnog značaja, jer se javljaju rano, primarne su u

odnosu na lezije drugih sistema i predstavljaju često značajan biološki indikator postradijacionih efekata.

- Za utvrđivanje veze nadjenih hematoloških i endokrinoloških promena sa radijacionom ekspozicijom neophodni su podaci o opštem zdravstvenom stanju, klinički nalaz na drugim sistemima i organima sa aspekta diferencijalne dijagnostike, kao i dozimetrijski podaci o primljenim dozama. Takodje treba voditi računa o stres reakciji, kao i delovanju drugih štetnih faktora koji izazivaju slične promene.

- Održavanje hematoloških promena je od posebnog značaja za njihovo kvalifikovanje kao postradijacionih i za određivanje ritma i vrste daljih kontrola i tretmana.

- Dugotrajna perzistencija morfoloških anomalija ćelija periferne krvi i anemija mogu da predstavljaju stanja koja su kontraindikacija za dalju intenzivniju i kontinuiranu ekspoziciju zračenju, jer su rizik u pogledu mogućeg nastanka kasnih posledica dejstva jonizujućih zračenja.

- Za incidenciju pojedinih morfoloških i funkcionalnih promena pod dejstvom jonizujućeg zračenja ne može da se isključi i udeo humoralnih faktora, medju kojima svakako značajno mesto zauzima koncentracija pojedinih hormona.

- S obzirom, da se kao najosetljiviji sistemi na jonizujuće zračenje smatraju hematopoezni organi, simpatoadrenalni sistem i gonade, ispitivanje vrednosti hormona je od praktičnog značaja za dijagnostiku promena u endokrinom sistemu pod dejstvom zračenja.

Summary

In the group of people occupationally exposed to ionizing radiation, the analysis of defined haematological changes was used as a biological indicator of radiation effects. Many tests were used in praxis which enable the evaluation of changes caused by radiation as: exchange of circulating cells, appearance of blast cells, appearance of aberrant cells. Medical control included also clinical examination with special regard to the thyroid gland and hormon measurement.

Reference

1. Sl. list SFRJ br. 40, 1986.
2. Stojanović D., Medicinski kriterijumi i relevantni testovi za procenu radijacionog rizika kod izlaganja prirodnom i arteficialnom zračenju, Čovek i životna sredina, br. 6, str. 64-66, 1984.
3. ICRP Publication 26, Pergamon Press /1977/.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Prištine, 6-9 juna 1989.

Merković Budisleva, Joksić Gordana, Dušan Penov
UKC-Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karejović", Beograd, Deligradske 29

HROMOZOMSKI MONITORING KOD STANOVNIŠTVA SR SRBIJE NAKON HAVARIJE NE ČERNOBILJ

Uvod

Posle havarije u Černobilju došlo je do povećanja koncentracije radionuklida u životnoj sredini. Kako je količina radioaktivnih padavina na teritoriji SR Srbije bile ne-
rednomerna, to je kontaminacija tla bile različite. Najveći stepen kontaminacije izmeren je u Titovo-Užičkom regionu, a najmanji u Niškom. Zbog toga smo pretili promene na hromozomima kod stanovništva ova dva regiona sa najvećom i najmanjom kontaminacijom. Hromozomske promene prećene su tri godine /1987, 1988 i 1989./ godine.

Metod rada

Ispitiveni deo stanovništva na svojim rednim mestima nije bio izložen dejstvu jonizujućeg zraćenja ili nekim drugim mutagenim agensima. Grupe ispitanika su bile sklopljene tako da su bili eliminisani svi drugi faktori koji bi mogli uticati na povećanu učestalost hromozomskih aberacije. Analiza hromozomskih aberacije radjena je klasičnom citogenetskom tehnikom sa vremenom fiksecije hromozoma 48 seti. Kulture

limfocite su gojene u RPMI medijumu uz dodatak humanog auto logog seruma i fitohemaglutinina /Inep/. Pored hromozomskih aberacije u toku 1988 i 1989. godine ispitivana je i učestalost mikronukleusa u humanim limfocitima. Pri tome je korišćena tehnika ispitivanja mikronukleusa u citohlezin B indukovanim binuklearnim limfoblastima.

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja prikazani su na tabeli 1 i graficima 1 i 2.

Titovo-Užički region

godina ispitivanja	broj analiziranih ćelija	nađjene hromozomske aberacije	procenat učestalosti hr. aberacija
1987	2690	2 dicentriks 3 pericentrične inverzije 2 translokacije 2 scentrične fr.	0,74
1988	3280	1 dicentrik 2 translokacije 1 prstenasti hr.	0,24
1989	2000	2 scentrične fr.	0,10

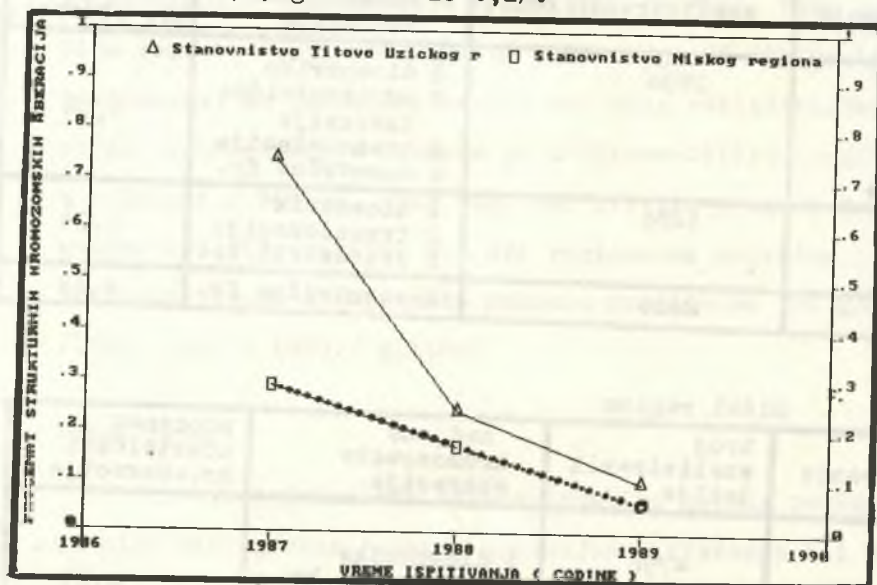
Niški region

godina ispitivanja	broj analiziranih ćelija	nađjene hromozomske aberacije	procenat učestalosti hr. aberacija
1987	4790	3 dicentriks 1 prstenasti hr. 2 translokacije 2 scentrične fr.	0,29
1988	3000	1 prstenast hr. 1 translokacija 1 scentrični fr.	0,17
1989	2000	1 scentrični fr	0,05

Tabela 1.

Rezultati ispitivanja pokazuju porast učestalosti hromozomskih aberacija kod stanovništva godinu dana nakon kontaminacije čer-nobilskim efluentima. Taj porast je najevidentniji kod stanovništva Titovo-Užičkog regiona.

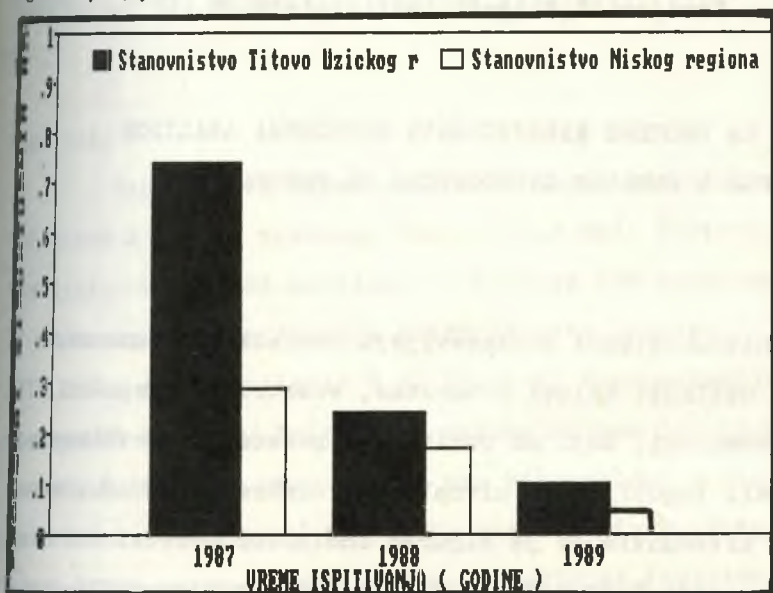
Citogenetska ispitivanja u toku 1987.godine su pokazala povećanu učestalost hromozomskih aberacija/ dicentričnih hromozoma, perice ntričnih inverzije i acentričnih fragmenata/. Takve promene ima više od jedne trećine ispitivanog stanovništva. Kada se broj strukturnih hromozomskih aberacija, izreženih po hromozomskom prekidu, uporedi sa brojem ukupno analiziranih ćelija, dobijamo cifru od 0,74% strukturnih hromozomskih promena. Godinu dana kasnije, ta učestalost znatno opada i iznosi 0,24%, da bi u toku 1989.g. iznosila 0,1%.



Grafik 1.

Sličnu situaciju nalazimo i kod stanovništva Niškog regiona, samo je stepen promena manji, tj. u toku 1987.g. učestalost hromozomskih promena iznosi 0,29%, godinu dana kasnije 0,17% a u 1989.g. 0,05%.

Analiza mikronukleuse u 1988-oj godini ne pokazuju veliku razliku u učestalosti kada se poredi stanovništvo ova dva regiona. Prosečna vrednost učestalosti mikronukleuse /na 1000 analiziranih binuklearnih limfoblasta / iznosi 5,7 u Titovo-Užičkom regionu ,a 5,4 u Niškom



Grafik 2.

Abstract

Chromosome aberration analysis of SR Srbije population after Chernobil's accident

After the accident of NE Chernobil in May 1986, Chernobil's fallout with unhomogenous dispersion of radioactive material in atmosphere caused the difference in contamination of the SR Srbije territory. The highest contamination was found to be in region Titovo-Užice, and the lowest in the region Niš. Two groups of population from these regions were undergone chromosome aberration analysis during 1987, 1988 and 1989. year. The results of our examination show increased frequency of structural chromosome aberrations /dicentric, rings, pericentric inversions and acentrics/ in the Titovo-Užice population, especially in the 1987. year.

Literature

1. Brnović R., Redovenović R. Vukotić M., Hejduković D., Mijatović LJ.: The changes of radioecological characteristic of environment in SR Srbije due to Chernobil fall-out, XIV regional congress of IRPA, 1987, 241-247.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Priština, 6-9 jun, 1989.

Joksić Gordana, Marković Budisleva

UKC-Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu

"Dr Dragomir Koraćević", Beograd, Deligradske 29

MOGUĆNOSTI ZA PROCENU RADIJACIONIH OŠTEĆENJA ANALIZOM
MIKRONUKLEUSA U HUMANIM LIMFOCITIMA CB METODOM

Uvod

Mikronukleusi predstavljaju posledice hromozomskih aberacije. Otkinuti delovi hromozoma, acentrični fragmenti ili čak celi hromozomi, koji su prilikom separacije genetičkog materijala ostali izgubljeni u citoplazmi formiraju mikronukleuse. Učestalost mikronukleusa je siguran indikator učestalosti hromozomskih aberacije. Najuspešnije metode analize mikronukleusa u humanim limfocitima je metoda blokiranja citokineze limfocita u kulturi citohlezinom B. Delovanjem citohlezina B u vreme prve in vitro deobe limfocita, dobijemo binuklearne limfoblaste sa udvojenim i separiranim jezdrima obavijenim jednom plazma membranom. Aberantni hromozomi, koji nisu uspešno podeljeni u anafazi ćelijske deobe ostaju u citoplazmi i formiraju mikronukleuse. Ispitivanjem učestalosti mikronukleusa može se precizno proceniti apsorbovana doza jonizujućeg zračenja. Sigurnost u proceni radijacionih oštećenja analizom mikronukleusa s jedne strane pruža mogućnost da se po jednom ispitaniku može analizirati na desetine hiljada binuklearnih limfoblasta, a s druge strane činjenica da je učestalost mikronukleusa kod malih doza zračenja veća nego što je prinos hromozomskih aberacija kod istih doza. Podaci iz

literature /Lloyd,1988,Natarajan,1988/, kao i naši eksperimentalni rezultati, pokazuju da učestalost mikronukleuse daje linearnu zavisnost kod doze zračenja 0-0,5 Gy, što znači i velike mogućnosti za pouzdanu procenu apsorbovanih doze jonizujućeg zračenja do 0,5 Gy, koje su sa aspekta radiološke zaštite najvažnije.

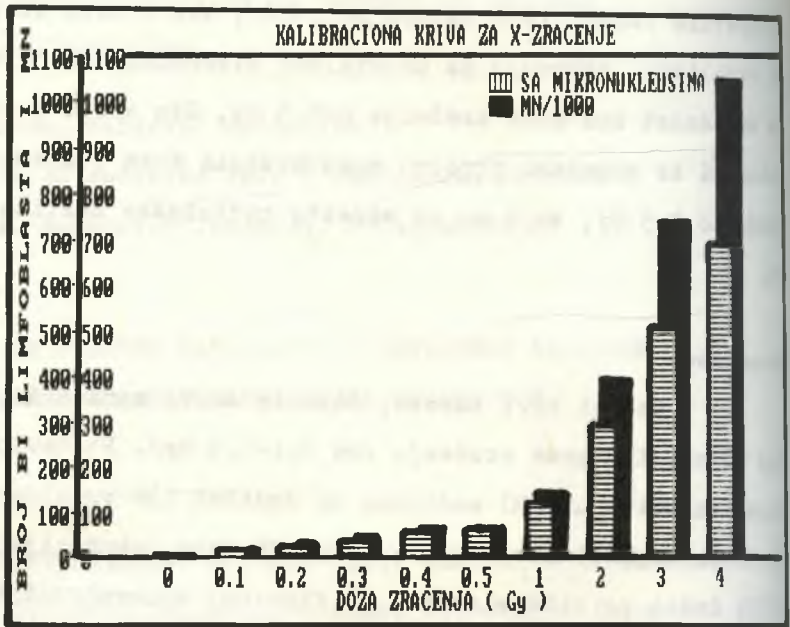
Metod rada

Uzorci krvi zdrave, odrasle osobe ozračeni su različitim dozama X i gama zračenja /od 0,1-0,5 Gy/. Postavljene su kulture limfocita u RPMI medijumu uz dodatak 15% autologog seruma i 1% fitohemaglutinina /Inep/. Nakon 44 sata inkubacije kulture na 37°C, dodat je citohalazin B /u finalnoj koncentraciji od 5 mikrograma/ml kulture/. Kulture sa citohalazinom inkubirane su još 28 sati. Kulture su preparirane bez hipotonije/ u fiziološkom rastvoru/ i fiksirane u fiksetivu metanol-sirće. Preparati su bojani Gimza bojom. Učestalost mikronukleuse ispitivana je u ozračenim uzorcima, neozračenom uzorku /kontrola/, a zbog utvrdjivanja "background" frekvence mikronukleuse kod stanovništva ispitivano je stanovništvo dva različita regiona SR Srbije /Niš i Titovo-Užice/.

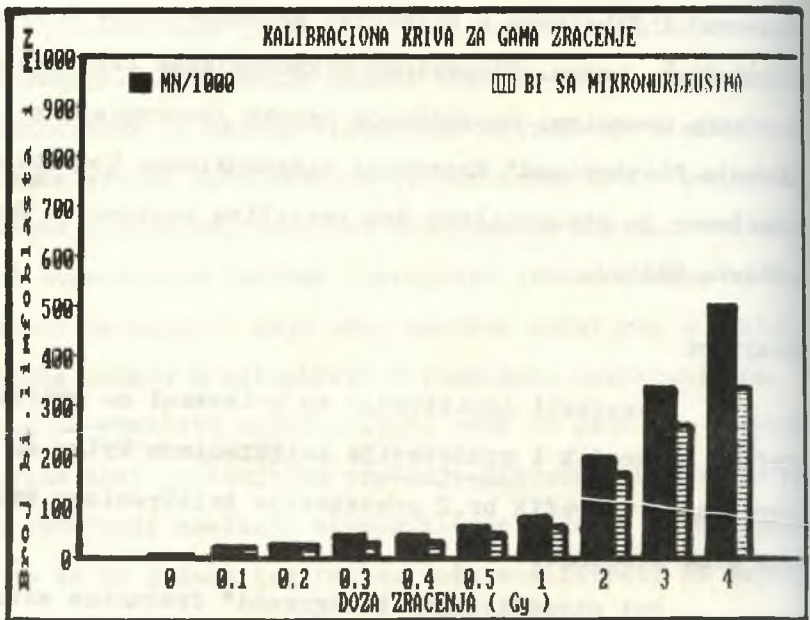
Rezultati

Rezultati ispitivanja su prikazani na grafiku 1 i grafiku 2. Grafik 1 predstavlja kalibracionu krivu za male doze X-zračenja, a grafik br.2 predstavlja kalibracionu krivu za male doze gama zračenja.

Pri utvrdjivanju "background" frekvence mikronukleuse kod stanovništva SR Srbije, ukupno je analizirano 45 uzoraka krvi zdravih odraslih osoba koje profesionalno nisu eksponovane dejstvu jonizujućeg zračenja, niti nekim drugim mutagenim agensima.



Grafik 1.



Grafik 2.

Ispitivanje učestalosti mikronukleusa u ovim uzorcima su pokazala da srednje vrednost učestalosti mikronukleusa na 1000 analiziranih binuklearnih limfoblasta iznosi 5,7.

Diskusije

U kontroli zdravstvenog stanja osoba profesionalno eksponovanih dejstvu jonizujućeg zračenja, neophodno je maksimalno iskoristiti metodu analize mikronukleusa. To je relativno jednostavna i brza metoda utvrđivanja stepena radijacionih oštećenja. Njena najveća prednost je u tome što pruža maksimalno objektivnu sliku oštećenja genetičkog materijala u humanim limfocitima, zahvaljujući tome što je moguće analizirati na desetine hiljade limfoblasta. To će dati dragocene podatke kod parcijelnih, neuniformnih ozračivanja i internih kontaminacije radionuklidima.

Abstract

Possibilities for radiation damage evaluation by CB method of micronuclei analysis in human lymphocytes

The cytokinesis-block method / using cytochalasin B/ was applied for quantitating micronuclei in human lymphocytes. Blood samples of healthy donor were irradiated with doses of X and gamma radiation ranged from 0,1-4 Gy. On the basis of the obtained results, dose response curves were constructed. Background level of micronuclei ranged from 5-12.

Literatura

1. J.S.Prosser, J.E. Moquet, D.C.Lloyd and A.A.Edwards : Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes, Mutation Research, 199 / 1988/ 37-45.
2. A.Ramelho, I.Šunjevarić, A.T.Netersajan, : Use the frequencies of micronuclei as a quantitative indicator of X-ray induced chromosomal aberrations in human peripheral blood lymphocytes, Mutation Research, 199 /1988/, 51-55.

ZNAČAJ BROJA LEUKOCITA I LEUKOCITNE FORMULE ZA
BRZO PRAĆENJE EFEKATA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U
PROFESIONALNIM USLOVIMA, U RUTINSKOJ PRAKSI

S. Milešić, Lj. Jovanović

Rezime

U saopštenju se iznose rezultati višegodišnjeg praćenja broja leukocita i elemenata diferencijalne krvne slike kod radnika profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja. Rezultati ispitivanja pokazuju da nema odstupanja u broju leukocita u odnosu na kontrolnu grupu. Praktičan značaj za rutinsko praćenje hroničnih efekata zračenja ima u izvesnoj meri, diferencijalna krvna slika.

Prema postojećoj praksi i zakonskim propisima analiza broja leukocita i leukocitne formule su ključni faktor u proceni stepena ozračenosti kod akcidentalnih događaja. Ovo je i ključna analiza u praćenju zdravstvenog stanja radnika profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja(1). Mnogi radovi u nas posvećeni su praćenju ovih parametara (2). Oni ukazuju na povećanu učestalost leukocitopenije i relativnih neutropenije i limfocitoza kod lica izloženih malim dozama zračenja.

Kasni efekti dugotrajnog izlaganja malim dozama na diferencijalnu krvnu sliku razmatrani su i u mnogim radovima stranih autora (3).

Na da dugotrajno izlaganje malim dozama može izazvati smanjenje reproduktivnih sposobnosti hematopoeznih ćelija, treba imati u vidu i njihove velike reparacijske sposobnosti(4).

U novim tehnološkim uslovima, u poslednjem periodu, kao i u uslovima razvijene radiološke zaštite, analiza nuklearnih

vrednosti krvnih ćelija dovodi se u pitanje kao jedini, prvi i dovoljno osetljiv parametar za procenu hroničnih efekata zračenja.

Cilj našeg rada je da se još jednom sagleda značaj praćenja broja ćelija bele krvne loze za rutinsku praksu zdravstvene zaštite lica profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima.

Metod rada

Ispitivane grupe čine izloženi radnici i kontrolna grupa. Izloženi radnici su lica zaposlena u zdravstvu, na rendgen dijagnostici. Kontrolnu grupu čine zdravi radnici van zone zračenja.

Za statističku obradu uzeti su u obzir: broj leukocita; neutrofilnih, eozinofilnih i bazofilnih granulocita, monocita i limfocita pre početka radnog veke i posle 15 godina.

Upoređivanje su srednje vrednosti pomenutih parametara između obeju grupa, kao i u funkciji radnog staža unutar grupa.

Leukociti su brojeni na aparatu Hxcel Counter 500. Pojedini elementi diferencijalne krvne slike (leukocitna formula) računati su na 100 elemenata u rezmezima periferne krvi obojenim po metodi May-Grünwald-Giemsa. Rezultati su prikazani tabelarno.

Prosečna godišnja absorbovana doza za izložene radnike bila je $3,1 \pm 1,3$ mGy.

Rezultati i diskusija

Analize broja leukocita i leukocitne formule izložene i kontrolne grupe (Tabela 1) ne pokazuje odstupanja u broju ćelija posle 15 godina radnog staža.

Srednje vrednosti broja leukocita pre početka rada i posle 15 godina rada u zoni zračenja ne pokazuju značajne razlike u ispitivanih radnika. Postoji značajnost u odnosu neutrofilnih granulocita i limfocita u formuli izloženih radnika. Posle 15 godina ekspozicije, relativan broj limfocita se značajno povećava, a procenat neutrofila se snižava (Tabela 2). Ova značajnost nije zapažena u kontrolnoj grupi posle 15 godina rednog staža (Tabela 3). Bazofilni granulociti nisu nađeni. Drugih promena u diferencijalnoj krvnoj slici nije bilo.

Ovakvo odstupanje u odnosu neutrofila i limfocita odavno je poznato i objašnjava se kao posledica iscrpljenja granulocitopoeze i pada apsolutnog broja neutrofila, praćenog relativnom limfocitozom.

Ovaj odnos je značajno poremećen posle 15 godine ekspozicije izloženih radnika, ali nema značajnosti u odnosu na kontrolnu grupu.

Zaključak

Dobijeni rezultati dozvoljavaju nam da zaključimo da praćenje ukupnog broja leukocita nema većeg značaja za procenu radijacionih efekata. Izvestno opravdanje u praksi ima posmatranje diferencijalne krvne slike, ali ne i jedini i dovoljan značaj za procenu hroničnih radijacionih oštećenja.

THE IMPORTANCE OF LEUKOCYTE COUNT AND LEUKOCYTE FORMULA FOR RAPID SCREENING OF THE IONIZING IRRADIATION EFFECTS IN EVERYDAY PRACTISE

S. Milačić, Lj. Jovanović

The authors report the results of long-term recording of leukocyte count and differential leukocyte formula in workers professionally exposed to ionizing radiation. The results indicate absence of any aberration in the WBC count, compared to the controls.

Differential leukocyte formula can, however, be used for routine screening of chronic effects of radiation.

UPOREDNI PREGLED BROJA LEUKOCITA I LEUKOCITNE FORMULE IZLOŽENE
I KONTROLNE GRUPE

Tabela 1.

ERS	Ispitivane grupe	Le 10^9 /l	X + SD			
			N %	Ly %	Mo %	Eoz %
Prethodni pregled (0 god.)	Eksponovane	6,16 \pm 1,57	0,62 \pm 0,06	0,31 \pm 0,06	0,03 \pm 0,02	0,02 \pm 0,02
	Kontrolne	6,09 \pm 1,93	0,62 \pm 0,09	0,31 \pm 0,009	0,05 \pm 0,02	0,02 \pm 0,02
	t	0,18	0,37	0,15	2,99	0,96
	p	0,86 NS	0,71 NS	0,88 NS	0,05	0,99 NS
Periodični pregled (posle 15 god.)	Eksponovane	6,16 \pm 1,97	0,60 \pm 0,07	0,34 \pm 0,07	0,03 \pm 0,02	0,02 \pm 0,02
	Kontrolne	6,12 \pm 1,62	0,62 \pm 0,06	0,33 \pm 0,06	0,04 \pm 0,02	0,03 \pm 0,01
	t	0,16	1,83	0,74	2,35	0,40
	p	0,91 NS	0,06 NS	0,46 NS	0,05	0,67 NS

PREGLED BROJA LEUKOCITA I LEUKOCITNE FORMULE PREMA EKSPOZICIONOM RADNOM STAŽU
 RADNIKA IZLOŽENIH JONIZUJUĆEM ZRAČENJU

Tabela 2.

ERS	$L \times 10^9/1$	N %	L_y %	M_o %	E_{oz} %
	x ± SD				
Prethodni pregled (0 god.)	6,16+ 1,57	0,63+0,06	0,31+0,06	0,03+0,02	0,02+0,02
Periodični pregled (posle 15 godina)	6,16+1,97	0,60+0,07	0,34+0,07	0,04+0,02	0,02+0,02
t	0,02	2,64	3,35	1,05	0,47
p	0,99 NS	0,05 S	0,01 S	0,29 NS	0,64 NS

PREGLED BROJA LEUKOCITA I LEUKOCITNE FORMULE KONTROIRNE GRUPE
PREMA RADNOM STAŽU

Tabela 3.

RS	Lex10 ⁹ /l	N %	Ly %	No %	Eoz %
	$\bar{X} + SD$				
Prethodni pregled (0 god.)	6,10 + 1,93	0,62+0,09	0,31+0,09	0,05+0,02	0,02+0,02
Periodični pregled (posle 15 god.)	6,20 + 1,60	0,62+0,06	0,33+0,06	0,04+0,02	0,03+0,01
t	0,05	0,24	1,34	1,94	0,31
p	0,96 NS	0,81 NS	0,18 NS	0,21 NS	0,71 NS

Literatura

1. Osnovni zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, Sl. list SFRJ 62/1984.
2. Učestalost leukocitopenije kod lica profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja.
Jeremić M, Djordjević B, Penov D., Milačić S.
XIII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Pula, 1985.
3. Long term effects of radium exposure in female dial Workers: Differential white blood cell count - Polednek A.P.- Radiol. Environm. Res. Div. Argonne, Nat. Lab, Gunt. Hum. Radiobiol, Argonne, III 60439 USA- Environ. Res. 1978, 15/2 (252 - 261)
4. Stefanović, S.: Hematologija, Medicinske knjige, Beograd-Zagreb, 396, 1981.

ISPITIVANJE AKTIVNOSTI ALKALNE FOSFATAZE U
GRANULOCITIMA PERIFERNE KRVI LICA PROFESIO-
NALNO IZLOŽENIH MALIM DOZAMA JONIZUJUĆEG
ZRAČENJA

S. Milešić, M. Minić, S. Dodić

Rezime

Ispitivana je aktivnost alkalne fosfataze u leukocitima radnike u zoni jonizujućih zračenja. Dobijeni rezultati skora APL pokazuju statističku značajnost u odnosu na kontrolu. Dužina ekspozicije nije imala veći značaj.

Alkalna fosfataza (APL) je enzim u citoplazmatskim granulama leukocita. Od presudnog je značaja za funkciju neutrofila kao medijatora u fagocitozi i inflamaciji. Ispitivanje aktivnosti ovog enzima najčešće je histohemijskim reakcijama. U kliničkoj praksi obično se vrši ispitivanje za diferencijaciju hronične leukoze od leukemoidnih reakcija. ALP je izmenjena u mnogim patološkim stanjima, a u novije vreme uočene su promene vrednosti enzima usled dejstva vinilhlorida, radiomimetika (benzena, ugljen-disulfida) i teških metala.

Međutim, u našoj dostupnoj literaturi, retko nailazimo na ispitivanje vezano za dejstvo jonizujućih zračenja na enzime granulocita. Snižene vrednosti APL usled dejstva jonizujućeg zračenja kod 180 eksponovanih radnika opisali su Arndt, Schuttman i Konspetzky u Berlinu 1976. godine.

Cilj našeg rada je ispitivanje aktivnosti APL pod uticajem malih doza jonizujućeg zračenja i korišćenje ove metode za procenu stepena oštećenja leukocita usled zračenja i za ranu dijagnozu hronične radijacione bolesti.

Materijal i metode

Ispitivanjem su obuhvaćena 23 periferna krvna razmaza profesionalno izloženih lica sa 10 godina (10 lica) i sa 15 godina (13 lica) radnog staža. Kontrolu čine 9 perifernih razmaza zdravih radnika van zone zračenja. Absorbivane doze izloženih radnika bile su ispod donjih dozvoljenih vrednosti.

Rezmezi su bojeni na alkalnu fosfatazu metodom po Ksp-low-u. Obojeni razmezi su mikroskopirani i analizirani semikvantitativno na 100 elemenata. Vrednosti enzima su računaste u vidu skora.

Dobijene vrednosti su statistički obradjene Medijan testom i testom Fišerove apsolutne verovatnoće. Uporedjene su i numeričke vrednosti leukocita (uzete iz kartona za periodične preglede) između posmatranih grupa t-testom za mali broj uzoraka.

Rezultati i diskusije

Aktivnost alkalne fosfataze u granulocitima izložene grupe značajno je niže u odnosu na kontrolu ($p < 0,025$). Između izloženih grupa, sa 10 i sa 15 godina radnog staža, nema statistički značajne razlike u aktivnosti enzima ($p = 0,3$). (Tabela 1).

Nema značajnih razlike numeričkih vrednosti broja leukocita između ispitivanih grupa ($p < 0,5$). (Tabela 2).

Kod radnika u zoni zračenja došlo je do inhibicije aktivnosti alkalne fosfataze u granulocitima pod uticajem malih, dozvoljenih doza jonizujućih zračenja. Dužine ekspozicionog radnog staža nije imale uticaja na ovu aktivnost.

Zaključak

Kod radnika u kojih nema otstupanja u broju leukocita, došlo je do sniženja vrednosti APL što dokazuje da je ova analiza osetljiviji pokazatelj od broja leukocita za dijagnozu hronične radijacione bolesti.

Pošto je biodozimetrija kvantitativna metoda s određivanjem aktivnosti APL to nije, ova metoda bi mogla da se shvati kao pomoćna u bioteteciji a ne u biodozimetriji jonizujućih zračenja.

VREDNOSTI SKORA APL U IZLOŽENOJ I KONTROLNOJ GRUPI

Tabela 1.

Ispitivene grupe	ERS (god.)	N	Vrednosti skora APL	M	MEDIJAN TEST	
Izložena	15	13	10, 11, 15, 15, 15, 28, 30, 30, 32, 38, 48, 48, 64	30	48	p=0,3
	10	10	40, 48, 56, 58, 66, 66, 68, 70, 80, 88	66		
Kontrolna	0	9	68, 68, 74, 82, 84, 88, 92, 98, 104	84	p=0,025	

Tabela 2.

BROJ LEUKOCITA IZLOŽENE I KONTROLNE GRUPE

Ispitivene grupe	ERS	N	$\bar{X} \pm SD$	t-test
Izložena	15	13	5,10 ± 1,14	1,65
	10	10	5,86 ± 1,79	NS
Kontrolna	0	9	5,83 ± 1,43	0,67 NS

STUDY OF ALKALINE PHOSPHATASE ACTIVITY IN THE PERIPHERAL
BLOOD GRANULOCYTES IN PATIENTS PROFESSIONALLY EXPOSED TO
IONIZING RADIATION

S. Mišević, M. Minić, S. Dodić

Summary

Activity of alkaline phosphatase was studied in the leukocytes of workers in the area of ionizing radiation. The results of APL values are significantly different from the values in controls. Duration of exposition did not influence the aberratin.

Literature

1. Significance of leukocyte alkaline phosphatase in the diagnosis of chronic benzene poisoning - Yin Sougniau Li Quilan and Liang Yuxiang - Inst. Health, Clin, Acad. Med. Sci, Beijing CHN- Regul. Toxicol. Pharmacol 1982 2/3 (209-212)
2. Evaluation of the neutrophil functional state in peripheral blood of humans exposed to carbon disulphide (Pols)- Godlewski A, Raszynski M., Fortak W, and Trzepakowska B., - Zak. Histol. Embriol, Inst. Biol, Morfoe., Akad. Med. Lodz, Pol, Przlge. Lek. 1981 38/8 (617-623).
3. The value of some cytoenzymochemical investigations of the leukocytes and platelets in estimating the effects of occupational exposure to benzene, vinyl chloride and carbon disulphide- Micu D., Mihailescu, Vilen C., et al. - N.Gh. Lupu. Institute of Internal Medicine, 72202 Bucharest ROM - Rev. Komu. Med. ser. Med. Int., 1985. 23/2 (115-120)
4. Utility of granulocyte alkaline phosphatase for diagnosis of damage due to exposure to low doses of ionizing radiation (Germ) - Die Branchbarkeit der alkalischen. - Jacobsohn E., Arudt D., Schuttman W., and Konopetzky H.- Staste. Amt. Atomsicherh. Strahlens-chutz DDR, Berlin GDR - Folia Haematol. (Lpz) 1976 103/2 (196-200).

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Priština, 06. - 09. VI 1989.

Hasanbašić Danica, Horžić Emilija, Milošević Z., Slijepčević P.,
Kovač M.

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta
Sarajevo, V. Putnika 134.

**STRUKTURNA OŠTEĆENJA HROMOZOMA U LIMFOCITIMA SVINJA NAKON
OZRAČIVANJA X ZRACIMA**

REZIME

Ispitivanja strukturnih aberacija hromozoma vršena su na svinjama pasmine "landras", starim 4-6 mjeseci. Krv svinja ozračivana je in vitro različitim dozama (0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 Gy) X zračenja.

Poslije kultivacije limfocita, analizirane su strukturne aberacije hromozoma uz mikrofotografsko snimanje.

Rezultati pokazuju, da u odnosu na neozračenu krv svinja, oštećenja hromozoma ozračene krvi se brojčano značajno razlikuju. To se posebno odnosi na nestabilne aberacije dicentrike i ringove, gdje je uočena pozitivna korelacija između njih i doze.

U V O D

Najpotpuniji biološki indikator izloženosti jonizujućem zračenju su hromozomske aberacije u limfocitima periferne krvi ozračenih jedinki, koje zauzimaju značajno mjesto u biološkoj dozimetriji. Ima dosta podataka koji se odnose na efekte visokih kao i niskih doza jonizujućeg zračenja na ove elemente.

Danas je analiza strukturnih aberacija hromozoma redovan sastavni dio savremenog monitoringa u radiološkoj zaštiti ljudi, dok se literaturi nalazi vrlo malo podataka koji se odnose na radiološku zaštitu domaćih životinja. Kod domaćih životinja ne pos-

toji organizovana dozimetrijska kontrola izloženosti jonizujućem zračenju. Iz ovih razloga u akcidentalnim uslovima ozračivanja, jedan od problema će svakako biti sama procjena i prognoza toka radijacione bolesti ozračenih životinja. U tim uslovima kao jedini odgovarajući postupak javlja se biodozimetrija (1, 2).

Ovaj rad bi trebao da bude jedan mali doprinos u davanju informacija u rješavanju sistema radiološke zaštite kod domaćih životinja.

MATERIJAL I METODE RADA

Za istraživanja strukturnih aberacija hromozoma odabrana je svinja kao eksperimentalna životinja, rase "landras", starosti 4-6 mjeseci i težine 40-50 kg.

Krv svinja uzimana je sterilno u šprice za jednokratnu upotrebu i izlagana djelovanju X zračenja u rasponu doza od 0,1, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 Gy. Ozračivanje je vršeno 250 kV Rendgen terapeutskim aparatom "Stabilipan" proizvod firme "Simens" - Zapadna Njemačka. Kultivisanje limfocita nakon ozračivanja krvi vršeno je metodom Moorhead-a i saradnika, koja je modifikovana i prilagođena za limfocite svinja. Preparati su mikroskopski pregledani, a urađeni su i mikrofotografski snimci neozračenih i ozračenih metafaza.

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Rezultati analize strukturnih aberacija hromozoma kod svinja prije (kontrola) i nakon ozračivanja krvi prikazani su u tabeli 1, a metafaze sa karakterističnim lezijama hromozoma su na slikama 1, 2. Za svaku dozu je pregledano 1500 metafaza. U neozračenoj krvi (kontrola) svinja je pronađen jedan dicentrik koji je u odnosu na broj pregledanih metafaza zanemarljiv, što pokazuje i ukupni procenat aberacija koji iznosi 0,40 %. Hromatidne aberacije (hromatidni lom i gap) gledajući u cjelini tabelu, ne predstavljaju značajan parametar za procjenu radiološkog oštećenja. Kod doze 0,1, 0,2, 0,5, 1,0 Gy, ukupan % aberacija ne prelazi 5 %. Broj dicentrika i ringova kod malih doza (0,1, 0,2, 0,5, 1,0) na 6000 metafaza iznosi 46. Međutim kod doze od 2,0 Gy na 1500 metafaza

nađeno je 119 dicentrika i ringova i 157 acentričnih fragmenata, a ukupan procenat aberacija iznosi 20.7%. Kod doze od 3.0 Gy broj hromozomskih lezija se povećava i to dicentrika i ringova 413, kao i acentričnih fragmenata 413 što u ukupnom procentu aberacija iznosi 58%. Uočava se i promjena ploediteta uglavnom tetraploidija, koja je odraz afunkcionalnosti diobenog vretena.

Na sl. 1. vidi se dicentrik sa pripadajućim acentričnim fragmentima, a dva ringa sa acentričnim fragmentima nalaze se na sl. 2. Dicentrik i ring tzv. nestabilne aberacije smatraju se najozbiljnijim pokazateljima radijacionih oštećenja. Iako su u ovom radu zajedno predstavljani dicentrici i ringovi zapaža se da pri dozi od 3 Gy broj ringova je povećan u odnosu na uobičajen.

ZAKLJUČAK

Na osnovu iznesenog, može se reći da broj nestabilnih aberacija (dicentrik i ring) predstavlja pravi pokazatelj u procjeni veličine doze i stepena oštećenja kod svinja.

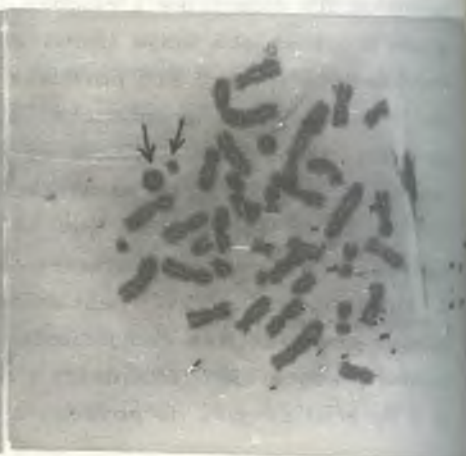
Tabela 1. Strukturne aberacije hromozoma svinja

Doza	hromatidni lom		hromozomski lom		promjena ploediteta	ukupan % aber.
	gap	lom	dic. +ring	acent. fr.		
Gy						
kontrola	-	1	1	-	4	0.40
0.1	6	2	2	4	5	1.27
0.2	9	4	6	6	5	2.00
0.5	2	1	8	8	5	2.00
1.0	7	2	28	28	11	5.00
2.0	19	0	119	157	14	20.70
3.0	7	0	413	413	47	58.00

Broj analiziranih ćelija po dozi: 1500



Sl. 1. Dicentrik sa pripadajućim
acentričnim fragmentima



Sl.2. Ring sa acentričnim
fragmentima

**CHROMOSOMES STRUCTURAL DAMAGES IN SWINES LYMPHOCYTES AFTER
X-rays IRRADIATION**

SUMMARY: *Researching of structural chromosomes aberrations were done on the swines, of "landras" stock, at the ages from 4 to 6 months. The swines blood was irradiated in vitro with different doses (0,1 to 3,0 Gy) by x-rays.*

Structural chromosomes aberrations were analysed with microphotographic taking after lymphocytes cultivation.

The results show that chromosomes damages of irradiated animals significantly differentiate in number. It is particularly related to unstable aberrations, dicentrics and rings, in which the positive correlation between them and dose was noticed.

L I T E R A T U R A

1. Hasanbašić Danica: Istraživanja strukturnih aberacija hromozoma u limfocitima koza nakon ozračivanja x-zrakama. Magistarski rad, Sarajevo 1987.
2. Lakoski A.: Prilog organiziranju dozimetrijske kontrole u uslovima akcidentalnog ozračivanja uz korištenea biodozimetrije. Magistarski rad, Sarajevo 1987.

XI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Pristina, 06. - 09. VI 1989.

I. Belak*, Z. Marković*, Z. Milošević, R. Kljajić, Emilija Horšić

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta
Sarajevo, V. Putnika 134.

*Institut za patologiju Medicinskog fakulteta Sarajevo

DISEMINIRANA INTRAVASKULARNA KOAGULACIJA KOD OVACA, KOZA I SVINJA
OZRAČENIH LETALNIM DOZAMA X ZRAČENJA

REZIME

U okviru istraživanja akutnog radijacionog sindroma (ARS-a) opisana je pojava i zastupljenost morfoloških ekvivalenata diseminirane intravaskularne koagulacije (DIK) kao i njihovo patogenetsko značenje u razvoju najizraženije manifestacije ARS-a hemoragične dijateze kod letalno ozračenih životinja: ovaca, koza i svinja.

Na svim organima većine životinja naročito u koži, miokardu, plućima, mozgu, jetri, crijevima i bubrezima nađeni su brojni fibrinski hijalini trombi koji predstavljaju morfološke ekvivalente DIK-a, koji se može smatrati presudnim patogenetskim faktorom u razvoju hemoragičnog sindroma.

U V O D

U okviru vlastitih istraživanja akutnog radijacionog sindroma (ARS-a) kod velikih domaćih životinja u ovom radu smo pokušali ispitati pojavu i učestalost morfoloških ekvivalenata DIK-a i njihovo patogenetsko značenje u razvoju najimpresivnije manifestacije ARS-a - hemoragične dijateze kod letalno ozračenih životinja (ovce, koze i svinje)

Značaj istraživanja u ovoj oblasti ogleda se i u činjenici da reakcije na radijaciju i procjene štetnog djelovanja zračenja kod velikih domaćih životinja mogu biti od velike koristi za procjenu reakcije na ljudima i da su kvalitativno uporedivi u pogledu praga akumulacije radijacionih povreda kod čovjeka.

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

Ozračivanjem je obuhvaćeno po 6 ovaca, koza i svinja, a po jedna životinja svake vrste je služila kao kontrolna. Koze i ovce su pripadale domaćim pasminama, a svinje pasmini landras. Ozračivanje

je izvršeno X zrakama sa linearnog akceleratora energije 4 MeV u dozama kbje su dobivene empirijski, a letalna su i iznose za ovce 5.49, koze 4.83, a za svinje 4.48 Gy. Sve životinje po uginuću su obducirane i detaljno pregledane. Uzeti isječki tkiva su ulagani u parafinske blokove, a histološki rezovi su bojeni hematoksilin-eozinom i trihromnom metodom po Ladewigu.

REZULTATI I DISKUSIJA

Makroskopska slika uginulih životinja nakon ozračenja odlikuje se sljedećim promjenama: hemoragična dijateza, oštećenje hematopoetskih organa, pneumonija, enteritisi i oštećenje parenhimnih organa.

Slika hemoragične dijateze najupadljiviji je znak kod svih uginulih životinja bez znatnijih razlika obzirom na vrstu životinja.

Po pravilu su nađena tačkasta i slivena krvarenja u koži, sluzokožama, a najupadljivija su krvarenja u serozama, dok su oskudnija u parenhimnim organima. Kod svinja su upadljiva opsežna krvarenja u limfnim čvorovima.

Kod tri životinje (2 ovce i jedne koze) nađen je krvni sadržaj u crijevima, a kod jedne životinje (svinja) neposredni uzrok smrti bilo je krvarenje u produžnoj moždini.

Histološkim pregledom organa (više isječaka) osim krvarenja nađene su promjene na krvnim sudovima koje imaju širok dijapazon od edema do propadanja endotela te degenerativnih i nekrobiotskih promjena zida.

Kod svih životinja u većini organa naročito u miokardu, mozgu, plućima, zidu crijeva, koži, bubrezima, a i drugim organima nađeni su brojni fibrinski - hijalini trombi u manjim, a nerijetko i većim krvnim sudovima.

Kod tri svinje nađena su opsežna tromboziranja ogranaka plućne arterije sa razvijenim hemoragičnim infarktima.

U osnovi patološko anatomske slike ARS-a kod sve tri vrste eksperimentalnih životinja stoji opšta hemoragična dijateza sa petehijalnim, ekhimičnim i slivenim krvarenjima u mnogobrojnim organima i tkivima, ali po pravilu su pogođeni: koža, srce (subepikardijalno i subendokardijalno), pleura, kapsula slezene, sluznice (naročito sluznica debelog crijeva), parenhim organa, limfni čvorovi itd.

Tešku hemoragičnu dijatezu kod goveda opisuju brojni autori (2, 13, 15, 19), a slične promjene su opisane kod ovaca (5,6) te koza i ovaca (9, 10, 17, 18). Dok je hemoragični sindrom u sekcionoj slici jako izražen, mnogi joj autori ne daju izuzetno patogenetsko značenje. Krvarenja kod radiacionog sindroma ovaca nastaju relativno kratko prije egzistusa i to u masovnom obliku (5,6).

Unutrašnja krvarenja ili krvarenja sa smrtonosnom uzročnom vezom nisu tako rijetka kao što se u literaturi navodi.

Za uzročno nastalu hemoragičnu dijatezu vezanu za histomorfološke promjene na krvnim sudovima u ARS-u ne mogu se uvijek naći ubjedljivi dokazi. S jedne strane, optičko mikroskopske alteracije krvnih sudova kao npr. edemi zidova krvnih sudova, fibrinoidno bubrenje, ponekad znatnije degenerativne i nekrobiotske

promjene se mogu naći, ali prema navodima nekih autora to nije uvijek pravilo. To osobito važi za kapilarne sudove kod kojih je izražena prestatična hiperemija. Slična zapažanja pominju se kod radijacionog sindroma svinja (20). Ostaje i dalje da se vjeruje nalazima eksperimentalne radijacione biologije da su mogući uzrok za povećani permeabilitet krvnih sudova, submikroskopske lezije na terminalnim sudovima (16).

Ipak, kao glavni uzrok nastanka hemoragične dijateze istodobno dominirajući, vjerovatno je poremećaj koagulacije krvi, vezan za postojeću trombocitopeniju koja je uslovljena promjenama u koštanoj srži (hipoplazija odnosno aplazija koštane srži (8, 12)).

Skoro potpuni nedostatak trombocita nađen je u 12 slučajeva u krvi eksperimentalnih životinja a u ostalim slučajevima nađeni su u oskudnom broju. Produženo protrombinsko vrijeme i vrijeme koagulacije u par dana pred egzitus koje je postojalo u kliničkim podacima i kod naših životinja, govore takođe u prilog da poremećaji koagulacije krvi predstavljaju jedan od vodećih patogenetskih faktora u razvoju hemoragičnog sindroma.

U morfološke manifestacije na krvnim sudovima u ARS-u mogu se uklopiti i već dobro poznate tvrdnje uloge medijatora kao što su histamin i serotonin koji utiču na mehanizme grušanja krvi, hemodinamike i permeabiliteta zidova krvnih sudova (3, 7, 11). U ranim fazama ARS-a poremećaju mikrocirkulacije prethodi povremena promjena u sistemu hemostaze. U ranom periodu zapaža se ubrzanje grušanja krvi i sniženje fibrinolitičke aktivnosti na osnovi visoke koagulirajuće aktivnosti krvi pomeranju funkcionalnog stanja hemostaze u stranu povišene sklonosti intravaskularnom tromboziranju. Zapažena hiperkoagulacija i poremećaj u sistemu mikrocirkulacije pokazuju se kao etiološki faktori u sindromu DIK-a (14). Aktivirajući mehanizmi u uslovima ozračenja su masovni raspad ćelija, a u vezi sa tim pojava tromboplastičnih supstanci u krvi, što vodi prvom stadiju hiperkoagulacije. Slijedeća faza koja nastaje pretežno u terminalnom periodu je faza hiperkoagulacije što dovodi uz druge faktore do manifestacije hemoragičnog sindroma. Oni mogu dovesti do poremećaja transkapilarne izmjene i hipoksije tkiva, koje u znatnom stepenu uslovljavaju pojavu niza kliničkih i patološkoanatomskih znakova crijevne i nervne forme teške bolesti zračenja. Ovi nalazi su veoma slični rezultatima eksperimentalnih istraživanja sistema hemostaze kod raznih vrsta šoka (1,4,11).

Z A K L J U Ć A K

U toku akutnog radijacionog sindroma izazvanog X-zrakama sa letalnim ishodom kod životinja veće biomase (ovaca i koza domaćih pasmina i svinja pasmina landras) u nastanku kliničke i patološkoanatomske manifestacije hemoragičnog sindroma, djelimično patogenetsku ulogu imaju promjene na strukturama krvnih sudova, a presudnu ulogu zasigurno ima fenomen diseminirane intravaskularne koagulacije (DIK).

DISSEMINATED INTRAVASCULAR COAGULATION IN CIRCULATION OF BLOOD OF SHEEP, GOATS AND SWINES IRRADIATED WITH LETHAL DOSES OF X-RAYS

SUMMARY: Occurrence and presence of morphological equivalents of disseminated intravascular coagulation, as well as their pathogenic significance in development of most pronounced manifestation of acute radiation syndrome of haemorrhagic diathesis have been described in lethal irradiated animals: sheep, goats and swines within investigation of ARS.

In all organs of majority of animals, particularly in skin, miocard, lungs, brain, livers, intestines and kidneys were found numerous fibrin hyaline thrombi which represent morphological equivalents of DIC considering them to be crucial pathogenic factors in development of haemorrhagic syndrome.

L I T E R A T U R A

1. Bergenz S.E.: Pathophysiologie der microcirculation in: Genese und Therapie des hamorrhagischen Schocks. Georg Thieme Verl., Stuttgart 1966.
2. Brown D.G., Thomas E.E., Jones L.P., Gross F.H., Sasmore D.P.: Lethal dose studies with the cattle exposed to whole-body Co-gamma radiation. Radiat. Research 15, 675-683, 1961.
3. Going H., Kaiser P.: Aufbau und Wirkungsweise bakterieller Endotoxine. Ergebnisse Mikrobiologie, Immunitätsforschung und experimenteller Therapie. 8, 243-326, 1966.
4. Hardaway R.: Disseminated intravascular coagulation syndromes. Thomas Publ. Springfield, 1966.
5. Johannsen U., Koch F., Melhorn G., Neumeister K., Panndorf H.: Ein Beitrag zur Pathomorphologie der Strahlenkrankheit des Schweines nach hochdosierter Ganzkörperbestrahlung. Arch. exper. Vet. med. 23, 427-458, 1971.
6. Johannsen U., Koch F., Melhorn G., Panndorf H., Neumeister K.: Untersuchungen zur Pathomorphologie und Pathogenese der Strahlenkrankheit des Kalbes und Jungrindes nach Rontgenganzkörper Bestrahlung. Arch. exp. Vet. med. 32, 623-643, 1978.
7. Lasch H.G., Heene D.L., Huth K., Sandritter W.: Pathophysiology, clinical manifestations and therapy of consumption-coagulopathy "(Verbrauchskoagulopathie)" Amer. J. cardiol. 20, 381-391, 1967.

PROCENA VALIDNOSTI BIOHEMIJSKIH INDIKACIJA U
RANOJ DIJAGNOSTICI RADIJACIONIH OŠTEĆENJA

Mirjana M. Vučićević, Ivana Z. Šukalo

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"- Vinča

Institut za radiobiologiju i radijacionu medicinu "RBM"

U cilju procene stepena radijacionog oštećenja čoveka, do danas je u raznim prilikama vezanim za nuklearne akcidente, ispitan veliki broj bioloških pokazatelja. Testirani su efikasnost i njihova osetljivost i upoređivani sa primljenim dozama zračenja koje su određene fizičkim merenjima.

Svi biološki pokazatelji primenljivi u pojedinim prilikama mogu se svrstati u određene kategorije:

- hematološki (uobličeni elementi periferne krvi, ispitivanje kulture limfocita);
- citogenetski (hromozomske aberacije ćelija kostne srži i u limfocitima periferne krvi posle mitotske stimulacije u kulturi fitohemaglutininom);
- biohemijski (aminokiseline, proteini, metaboliti nukleinskih kiselina, enzimi, biogeni amini),
- imunobakteriološki (autoflora sluzi, kože, creva, a takodje i C-reaktivni leukociti);
- biofizički (lioluminiscencija, hemi i elektroluminiscencija).

Često se postavlja pitanje da li laboratorijsko-hemijske metode istraživanja u dijagnostici radijacionog oštećenja uopšte imaju budućnost pored hematoloških i citogenetskih metoda. Iako su do sada mogla biti sakupljena samo neznatna iskustva sa biohemijskim istraživanjima na pacijentima koji su doživeli akcident, literatura ukazuje na afirmativan odgovor na postavljeno pitanje.

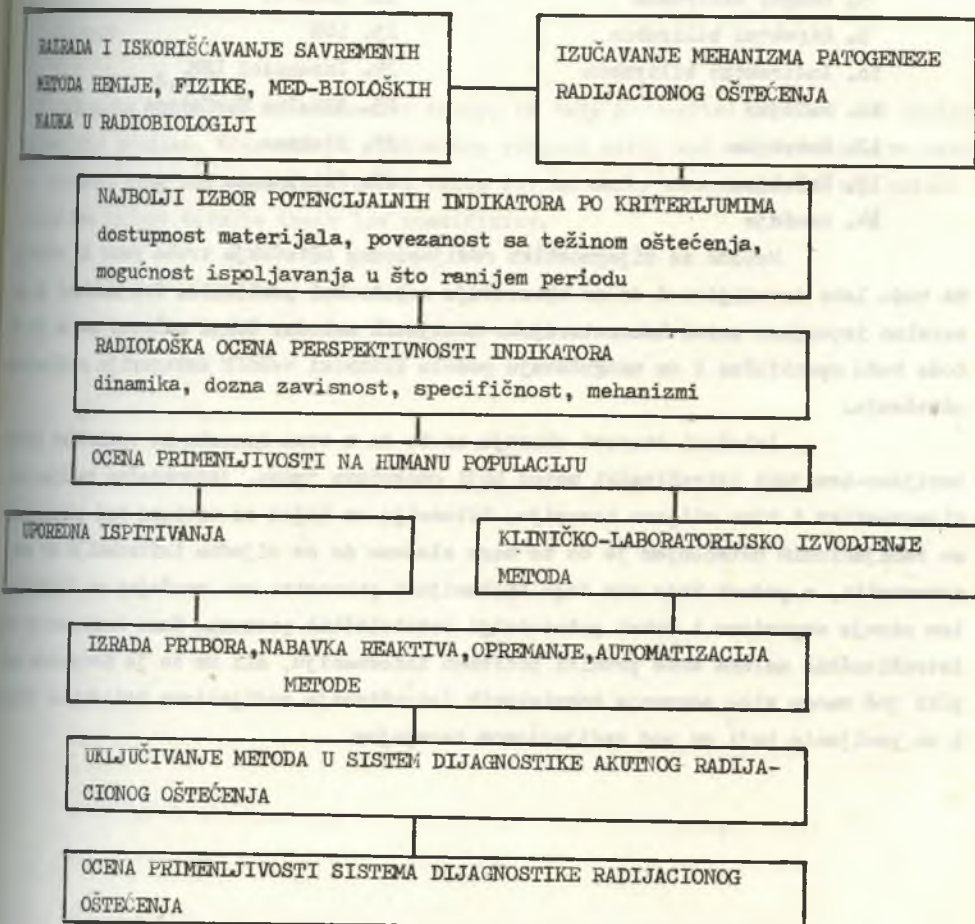
Da bi se mogao dati jednoznačan iskaz o postradijacionoj promeni nekog biohemijskog parametra moraju biti ispunjeni određeni zahtevi:

1. Poznata individualna vrednost pre radijacionog oštećenja koja je u funkciji pola, starosti, zdravstvenog stanja, sredine (ishrana, lekovi, stres), doba dana;
2. Rana reakcija pokazatelja oštećenja;
3. Specifičnost, tj. sposobnost signifikantno jačeg delovanja na radijaciono oštećenje nego na neko drugo neradijaciono oštećenje;

4. Visoka osetljivost, preciznost i tačnost metode;
5. Jednostavnost metode;
6. Tehnička primenljivost metode na ispitivanje humanog materijala;
7. Mogućnost višekratnog uzorkovanja materijala bez oštećenja organizma.

Opšti pristup postupnosti razrade sistema rane dijagnostike radijacionog oštećenja koju daje Mazurik (1987.g.) po našem mišljenju svaka laboratorija treba da prihvati:

ETAPE RAZRADE SISTEMA RANE DIJAGNOSTIKE RADIJACIONOG OŠTEĆENJA



Posle černobiljskog akcidenta Medjunarodna Agencija za Atomsku Energiju ukazuje na neophodnost praćenja niza biohemijskih parametara u dijagnostici radijacionog oštećenja:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Ukupni proteini | 15. Fosfor |
| 2. Albumin | 16. ALT |
| 3. Frakcije proteina | 17. AST |
| 4. Ureja | 18. Alfa amilaza |
| 5. Kreatinin | 19. Aldolaza |
| 6. Mokraćna kiselina | 20. CK |
| 7. Ukupni holesterol | 21. Izoenzim CK |
| 8. Ukupni bilirubin | 22. Gama-GT |
| 9. Direktni bilirubin | 23. LDH |
| 10. Indirektni bilirubin | 24. Izoenzimi LDH _{1,2} |
| 11. Kalijum | 25. Alkalna fosfataza |
| 12. Natrijum | 26. Glukoza |
| 13. Kalcijum | 27. Fibrinogen |
| 14. Gvoždje | |

Metode za dijagnostiku radijacionog oštećenja treba rano da otkriju, da budu lako izvodljive i da ne opterećuju nepotrebno pacijente. Ovi zahtevi su generalno ispunjeni putem laboratorijsko-hemijskih metoda. Dalji zahtevi su da ove metode budu specifične i da omogućavaju podelu klinički važnih kategorija radijacionog oštećenja.

Izloženi stavovi ukazuju na to da u ovom momentu ne egzistira laboratorijsko-hemijski istraživački metod koji omogućava jasnu, jednoznačnu radijacionu dijagnostiku i time ciljanu terapiju. Situacija sa kojom se srećemo kod pacijenata sa radijacionim oštećenjem je do te mere složena da se nijedna informacija ne sme zanemariti, a podaci koje nam daju biohemijski parametri su značajni za funkcionalno stanje organizma i dobri pokazatelji metaboličkih promena. Samo kombinacija više istraživačkih nalaza može pružiti potrebnu informaciju, ali za to je neophodno sakupiti još mnogo više saznanja kompleksnih istraživanja radijacione bolesti sa osvrtom i na pacijente koji su pod radijacionom terapijom.

L I T E R A T U R A

1. Kazurik V.K., Radiobiološke osnove biohemijske indikacije radijacionog oštećenja , doct. dis., 1983.g.
2. Kuzin A.M., Radijaciona biohemija, 1962.g.
3. Kudrjašov J.B., Radijaciona bolest, 1987.g.
4. Publication IAEA 1986.g.

ABSTRACT

The adequate valuation of radiation injury is very complicated problem and includes scientific studies. Biochemical indicators respond early and measurement are easy to execute; they may therefore be of value for an early assessment of the extent of radiation injury despite their low specificity.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Pristina, 6-9. jun 1989.

PROMENE NEKIH MORFOMETRIJSKIH PARAMETARA KAO BIODOZIMETRIJSKI
INDIKATORI I EFEKAT DUBOKE HIPOTERMIIJE KAO RADIOPROTEKTUR

Demajo M. i Ivanišević-Milovanović U.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča,
Institut za molekularnu biologiju i endokrinologiju,
Beograd, p.f.522.

REZIME Ozračivanje regiona glave infantilnih pacova raznim dozama X-zraka pokazuje da su na 42. dan starosti, promene sledećih parametara dozno zavisni: telesna težina, ano-nazalna dužina, dužina tibije i težina hipofize. Duboka hipotermija kojoj su životinje bile izložene za vreme ozračivanja znatno je smanjila štetno delovanje X-zraka.

UVOD

Izlaganje pacijenata jonizujućem zračenju u predelu glave radi lečenja, pre svega od malignih tumora, često dovodi do neželjenih propratnih pojava. Kada se regioni hipotalamusa i hipofize nadju u polju zračenja, česta je pojava hipopituitarizma (Winterer i sarad. 1988). Iznalaženje metode da se zaštiti endokrini sistem tokom zračenja je od izuzetnog značaja. Ranije smo već pokazali da lokalno ozračivanje glave 8 dana starih pacova jednom kratnom dozom X-zraka usporava rast zuba (Karadžov i sarad. 1985) i vilica (Sedlecki i sarad. 1986). Primena duboke hipotermije ima znatno zaštitno delovanje na razvoj zuba (Demajo i sarad. 1985) i vilica (Demajo i sarad. 1987). Cilj istraživanja u ovom radu je da se prate efekti različitih doza X-zraka merenjem sledećih parametara: težina hipofize, telesna težina, ano-nazalna dužina i dužina tibije kao i zaštitni efekat hipotermije primenjene u toku ozračivanja.

5. Sedlecki S., Karadžov U., Demajo M., Milovanović O. *Stomatološki Glasnik Srbije*, 2, 133-142, 1986.
6. Winterer J., Barnes K.M., Lichter A.S., Deluca A.M., Loriaux L.D., Cutler G.B. *Endocrinology*, 122, 884-890, 1988.

ABSTRACT

Irradiating the head region of 8-day-old female rats with X-rays, shows that at the age of 42 days, values of the following parameters are dose dependent: body weight, ano-nasal length, length of tibia and weight of pituitary gland. Animals subjected to hypothermia during irradiation are significantly protected.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Pristina, 06. - 09. VI 1989.

Emilija Horšić, R. Kljajić, Z. Milošević, P. Ciganović, Z. Herceg,
P. Šljepčević

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta
Sarajevo, V. Putnika 134.

PROMJENE NA RESPIRATORNOM SISTEMU SVINJA NAKON OZRAČIVANJA
LETALNOM DOZOM VISOKO-ENERGETSKOG X-ZRAČENJA

R E Z I M E

Eksperimentalne životinje su ozračene letalno dozom koja je u našim uslovima iznosila 4.48 Gy pri bilateralnom načinu ozračivanja i brzinom doze od 10 cGy/minut. Ozračivanje je izvršeno linearnim akceleratorom industrijskog tipa od 4 MeV.

Veoma opsežne lezije respiratornog sistema osim brojnih krvarenja od larinksa do alveola, rezultiraju i hemoragičnim infarktima i bronhopneumonijama koje su jedan od uzroka naglog uginuća životinja.

U V O D

Suština prolaska jonizujućeg zračenja kroz živu materiju sastoji se u nizu radijacionih promjena (od ćelije do cijelog organizma) koje imaju lančani karakter i nastavljaju se jedna na drugu, pri čemu je vrlo teško definisati granicu i primarnih i sekundarnih promjena.

Radijacione promjene mogu da se manifestiraju, izmjenom funkcionalnih karakteristika ozračene sredine, patoanatomskim promjenama i indukovanjem poremećaja sistema regulisanja toka i redosljeda najvažnijih životnih procesa u ćelijama i tkivima.

U proučavanju biološkog dejstva zračenja vršeni su brojni eksperimenti u kojima je dokazano da veličina nastalih promjena zavisi od veličine doze (1,2).

Svinja, kao eksperimentalna životinja je pogodna za

izučavanje radijacionih promjena iz sljedećih razloga: što je om-
nivor, što se može selektirati na istu težinu i debljinu čovjeka,
što je u izvjesnom broju svojih reakcija na zračenje slična
čovjeku, pa se dobiveni rezultati sa većom pouzdanošću mogu
ekstrapolirati na čovjeka.

Promjene na plućima kao i na čitavom respiratornom sistemu,
nakon akutnog ozračivanja visokim dozama jonizujućeg zračenja,
zauzimaju značajno mjesto u nizu patoloških promjena koje nastaju
u toku akutnog radijacionog sindroma (2,3).

Na plućima uginulih svinja u toku izraženih radijacionih
simptoma u pravilu su nađene vrlo teške pneumonije, opsežna
krvarenja na pleurama i plućima kao i edem pluća. Kod vrlo visokih
doza zračenja pneumonija se progresivno pogoršava, a veliko
zadebljanje alveola obliterira alveolarni prostor (1-6).

MATERIJAL I METODE RADA

U eksperiment je uzeto 12 komada svinja, pasmine "Landras"
oba pola u starosti od 4 - 6 mjeseci i težine od 35 - 40 kg.
životinje su ozračene bilateralno (50% doze sa svake strane)
letalnom dozom, koja je u našim eksperimentalnim uslovima iznosila
4,48 Gy. Ozračivanje izvršeno industrijskim linearnim akceleratorom
tipa "Linatron 400" firma "Varijan" SAD (4 MeV). Dozimetrijska
kontrola kod svake pojedinačne životinje vršena je "Farmer"
dozimetrom sa jonizacionom komorom. Nakon ozračivanja životinje su
pačene u vremenu do uginuća (18 dana), uz svakodnevni klinički
pregled. Uginule životinje detaljno su obrađene standardnim
patološkim tehnikama.

REZULTATI I DISKUSIJA

Promjene na respiratornom sistemu ozračenih životinja
javljaju se već početkom trećeg dana sa plućim i frekventnijim dis-
anjem uz pojavu jaćeg kašlja. Od petog dana su uočljivi simptomi
bronhopneumonije uz obilnija krvarenja iz nosa kao i pojava
uginuća (jedna životinja). Najteži radijacioni simptomi su prisutni od

6 - 18 dana, u kojem vremenskom periodu su sve životinje uginule (2,3,4).

Na obdukciji uginulih životinja na respiratornom sistemu su nađena tačkasta i slivena krvarenja. Sluznica larinksa i traheje kod svih životinja je bila dobro prokrvavljena, dok su kod tih životinje nađena i opsežna krvarenja u području larinksa. U lumenu larinksa, traheje i bronha se nalazila krvavo pjenušava ružičasta tečnost u obilatoj količini. U pleuri kao i ispod nje, osobito parijetalnoj kod svih životinja se vide brojna vrlo često opsežna, uglavnom slivena krvarenja veličine dječijeg dlana. Pluća su jače voluminozna a na prerezu se vide brojna, često konfluentna, tamno crvena i sivo žućkasta područja koja iskažu na reznjoj plohi, žvržće konzistencije i ne sadrže zrak. Pored toga su nađeni i veliki pulmonalni hematomi formirani od opsežnih krvarenja u emfizematoznim pleuralnim mjehurima. Nađena je hiperemija alveolarnih krvnih sudova (od kojih mnogi sadrže masu bakterija) komplicirana sa proširenim područjima edema pluća sa krvarenjima u alveolama i bronhiolama. Teške intersticijalne pneumonije sa jakim zadebljanjem alveolarnog zida, infiltracijom mononuklearnih ćelija i fibrozom nađene su kod 86% slučajeva, dok su pleuropneumonije nađene kod 75% slučajeva.

Veoma opsežne lezije respiratornog sistema koje osim brojnih krvarenja od larinksa do alveola rezultiraju i hemoragičnim infarktima i bronhopneumonijama, jedan su od uzroka naglog uginuća svinja u fazi izraženih radijacionih simptoma u toku akutnog radijacionog sindroma (5,6).

Z A K L J U Č C I

- Jedan od značajnih kliničkih simptoma u toku akutnog radijacionog sindroma kod letalno ozračenih svinja je rana pojava bronhopneumonije, uz opsežna krvarenja iz nosa (trećeg dana) kao i prva ugibanja (petog dana).
- Brojna krvarenja od larinksa do alveola, kao i hemoragični infarkti sa bronhopneumonijama i nakupljanje bakterija su jedan od uzroka naglog uginuća svinja.

SOME CHANGES IN SWINES RESPIRATION SYSTEM AFTER RADIATION BY
LETHAL DOSE OF HIGHLY-ENERGETIC X-RAYS

ABSTRACT: *Experimental animals were radiated by lethal dose, which was 4.48 Gy in our conditions at bilateral way of radiation and at dose speed of 10 cGy/minute. Radiation was done with linear accelerator of industrial type of 4 MeV.*

Besides numberless bleedings from larynx to alveolus, very extensive injuries of respiration system result in haemorrhage infarcts and bronchopneumonia, which are reasons of sudden animals death.

L I T E R A T U R A

1. Case M.T., Simon J.: Whole-body gamma irradiation of newborn pigs: the LD_{50/30} Am.J.Vet.Res. 31, 1, 113-117, 1970.
2. Chambers F.W. et al: Mortality and clinical signs in swine exposed to total-body cobalt-60 gamma irradiation Radiation research, 22, 316-333, 1964.
3. Johannsen U. et al.: Ein Beitrag zur Pathomorphologie der Strahlenkrankheit des Schweines nach Hochdosierter Rodgenganzkörper-bestrahlung. Arch. Exper. Vet. med. 25, 427-458, 1971.
4. Kljajić R. i sar.: Komparacija kliničkih simptoma akutnog radijacionog sindroma kod poluletalno ozračenih koza i ovaca. Zbornik radova XIII Simp. JDZZ, 260, Pula, 1985.
5. Selak I. i sar.: Patološko-anatomske promjene na respiratornom sistemu kod akutno ozračenih ovaca i koza. Zbornik radova XIII Simp. JDZZ, 182, Pula, 1985.
6. Tullis J.L.: The sequence of pathologic changes in swine exposed the LD_{100/30} of total body super-voltage X-irradiation. Mil. Surgeon 109, 271-280, 1951.

PONAVLJANO IZLAGANJE ANIMALNIH STANICA GAMA ZRAKAMA MOŽE IZMJENITI NJIHUVU
OSJETLJIVOST NA DRUGE CITOTOKSIČNE AGENSE

OSMAK M.

Institut "Ruđer Bošković", 41000 Zagreb, Bijenička cesta 54

SAŽETAK: U ovom radu ispitivana je osjetljivost stanica kineskog hrčka V79, izlaganih opetovanim dozama gama zraka, na gama zračenje, metotreksat, hidroksi ureu i zagrijavanje danih u vrijeme, kada je glavna oštećenja izazvana u DNK stanica tokom opetovanog zračenja već bila popravljena. Rezultati pokazuju, da prethodno zračene stanice postaju značajno osjetljivije na metotreksat, malo osjetljivije na zagrijavanje, dok se njihova osjetljivost na gama zračenje i hidroksi ureu ne mijenja.

UVOD

Štetno djelovanje zračenja na animalne i humane stanice, odnosno na čitav organizam, poznato je već odavna. Zračenje može izazvati različite promjene u stanicama, mutacije u genomu stanica, neoplastičnu transformaciju, pa čak i smrt stanica (1). Kod procjenjivanja opasnosti od zračenja, u obzir se uglavnom uzimaju direktni efekti samog zračenja na stanice/organizam. No najčešće, osim zračenju, stanice su izložene i drugim, različitim citotoksičnim agensima. Konačni biološki efekt interakcije zračenja i dodatnog agensa ovisit će o nizu faktora: dozi zračenja, razmaku između djelovanja zračenja i dodatnog agensa, te o koncentraciji (dozi) i prirodi toga drugog agensa. U novije vrijeme sve je više literaturnih podataka koji ukazuju na to, da oštećenja u DNK stanica induciraju sintezu enzima uključenih u popravak oštećenja (2). Ukoliko se ozračene stanice izlože drugom agensu u doba kada je količina enzima za popravak povećana, osjetljivost takvih stanica na dodatne citotoksične agense može se promijeniti (3). Cilj ovog rada bio je da se ispita, da li se mijenja osjetljivost animalnih stanica na različite citotoksične agense, ako su te stanice bile prethodno izlagane malim, opetovanim dozama gama zraka.

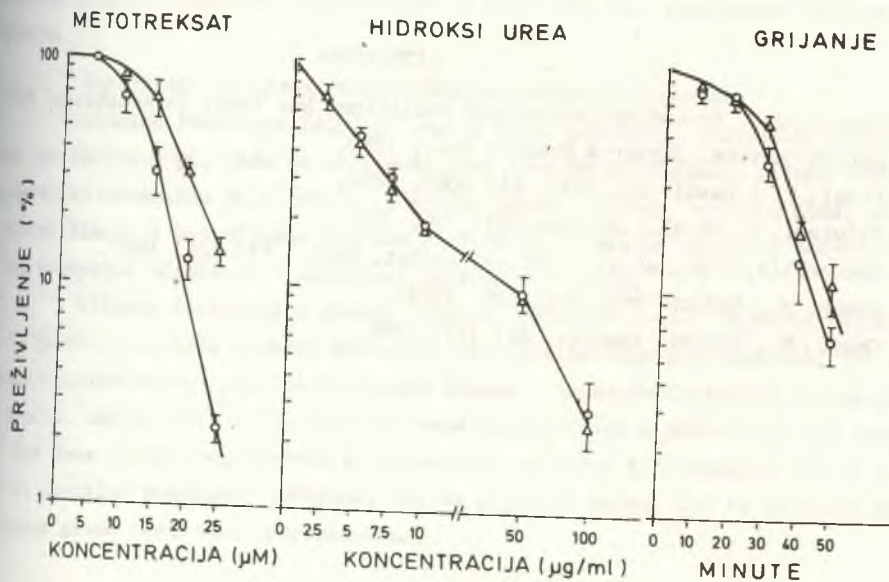
MATERIJALI I METODE

Stanice: U radu su korištene stanice kineskog hrčka V79. Ove stanice rastu kao jednoslojna kultura u Eagle-ovom MEM mediju obogaćenom sa 10 % telećeg seruma.
Zračenje: Za zračenje stanica korišten je aparat Gamacell 220. Brzina doze iznosi je 4,3 Gy/min. Stanice su zračene 5 puta tjedno, kroz 12 tjedana dnevnom dozom od 0,3 Gy. Tokom cijelog pokusa stanice su bile u ekspanzijskoj fazi rasta. Kada su stanice akumulirale ukupnu dozu od 18 Gy, ispitana je njihova osjetljivost na različite citotoksične agense i uspoređena sa osjetljivošću kontrolnih stanica pod istim eksperimentalnim uvjetima.

Preživljenje stanica: Na dan zadnje dnevne doze, stanice su nasadene u odgovarajućoj koncentraciji i inkubirane preko noći na 37°C. Drugi dan bile su izlagane a) gama zrakama, b) tretirane 1 sat sa metotreksatom (MTX) ili c) 6 sati sa hidroksiureom (HU) u mediju bez seruma, odnosno d) zagrijavane na 43°C. Nakon tretmana s MTX ili HU stanice su bile isprane i inkubirane u svježem mediju 7-10 dana. Izrasle kolonije su bile obojene, izbrojane, te izračunano preživljenje stanica.

REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom radu prethodno zračene stanice bile su izložene različitim citotoksičnim agensima u vrijeme, kada je glavna oštećenja izazvana zračenjem već bila popravljena (4). Za tretman prethodno orzačenih stanica izabrani su agensi, koji na različite načine oštećuju stanice: gama zračenje, metotreksat, hidroksi urea i zagrijavanje. Rezultati prikazani na slici 1 pokazuju da prethodno zračene stanice postaju značajno osjetljivije na MTX, te malo, ali ne značajno osjetljivije na zagrijavanje. Osjetljivost ovih stanica na HU bila je jednaka kao i za kontrolne stanice. Također, prethodno zračene stanice nisu prikazani). Ova istraživanja nastavak su naših prethodnih istraživanja u kojima smo pokazali, da prethodno zračene stanice kineskog hrčka V79



Slika 1. Osjetljivost kontrolnih (Δ) i prethodno zračenih stanica (O) na metotreksat, hidroksi ureu i zagrijavanje. Svaka eksperimentalna točka srednja je vrijednost od barem dva pokusa.

postaju značajno rezistentnije na N-metil-N-nitro-N-nitrozogvanidin (MNNG) (5), značajno osjetljivije na cis-diklorodiamin platinu (cis-DDP) (6), ali ne mijenjaju osjetljivost na ultravioletno svjetlo (5). Promjena osjetljivosti prethodno ozračenih stanica na različite kemijske i fizikalne agense može imati različiti uzrok: a) promjene u unosu kemikalija, ili njihovo brže uklanjanje iz stanice; b) izmjenjena količina "zaštitnih" proteina u stanicama (kao molekula glutatona ili metalotineina), ili c) promjene na razini DNK (povećana ekspresija određenih enzima uključenih u popravak, amplifikacija gena ...). Najvjerojatnije je promjena osjetljivosti stanica posljedica djelovanja više nabrojanih faktora.

ZAKLJUČAK

Na temelju prikazanih rezultata možemo zaključiti, da opetovano izlaganje animalnih stanica gama zračenju može promijeniti njihovu osjetljivost na druge citotoksične agense. Ove i slične podatke trebalo bi imati na umu kod procjene opasnosti od zračenja.

ABSTRACT: In this study was examined whether the sensitivity to gamma-rays, methotrexate, hydroxyurea and hypertermia was affected in Chinese hamster cells irradiated with multiple fractions of gamma rays. The results indicate, that preirradiated cells were significantly more sensitive to methotrexate, and slightly more sensitive to hypertermia than control cells. They exhibited the same sensitivity to gamma rays and hydroxyurea as the control cells.

LITERATURA

1. Coggle, J.E. Biological effects of radiation. New York: International Publication Service, Taylor & Francis Ins., 1983.
2. Laval, F. i Laval, J., PNAS, 81: 1062, 1984.
3. Olivieri, G. et al., Science 223: 594, 1984.
4. Coquerelle, T.M., et al., Int. J. Radiat. Biol., 51: 209, 1987.
5. Osmak, M., Radiat. Res. 115: 609, 1988.
6. Osmak, M., Radiol. Jugosl., 22: 177, 1988.

TEORETSKA RAZRADA I PREDLOG METODA ZA KVANTITATIVNU
DETERMINACIJU ALKALNE FOSFATAZE, ALFA AMILAZE I
ALDOLAZE KAO SIGNIFIKANTNIH POSTRADIJACIONIH BIOHE-
MIJSKIH PARAMETARA

Ivana Z. Šukalo, Mirjana M. Vučićević

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

Institut za radiobiologiju i radijacionu medicinu "RBM"

Ispitivanje uticaja jonizujućeg zračenja na enzimske sisteme in vivo pokazala su da se in vivo ozračeni enzimski sistemi ponašaju drugačije nego u slučaju zračenja in vitro. To je sasvim razumljivo s obzirom da je ćelija jedan komplikovan sistem, sa fino organizovanom strukturom, a njeni biohemijski procesi su odredjeni veoma preciznom lokacijom enzima i supstrata. Svako oštećenje ćelijskih struktura moglo bi da utiče na brzinu enzimskih reakcija narušavajući normalni tok biohemijskih procesa u ćeliji.

Iz literaturnih podataka se vidi da od mnogobrojnih enzima (DNK-aze, RNK-aze, kisele i alkalne fosfataze, alfa-amilaze, aminotransferaza, beta-glukuronidaza, katepsina, proteaze, beta-galaktozidaza, katalaza i LDH i njihovih izoenzima, tripsina, holinesteraze) najveću pažnju zaslužuje izučavanje kao i praćenje aktivnosti alkalne fosfataze, alfa-amilaze i aldolaze, kao indikatora radijacionog oštećenja.

Kvantitativno odredjivanje alkalne fosfataze u serumu

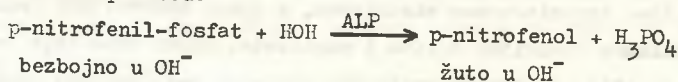
Alkalne fosfataze (ALP) su enzimi koji katalizuju hidrolizu fosfatnih estara pri alkalnom pH. Kada se aktivnost meri rutinskim metodama, nalazi obuhvataju nekoliko izoenzima koji potiču iz kosti, jetre, bubrega, crevnog zida, aktivne mlečne žlezde i posteljice. Koštana alkalna fosfataza se nalazi u osteoblastima. Ona verovatno učestvuje u normalnoj izgradnji kostiju.

Alkalna fosfataza u plazmi zdravih, odraslih osoba, najvećim delom potiče iz jetre. U dečijem uzrastu aktivnost ALP je viša nego kod odraslih, jer je u njihovim kostima osteoblastična aktivnost visoka i jedan deo koštanog enzima prelazi u plazmu. Aktivnosti su još više za vreme naglog rasta u pubertetu. Kod odraslih kao i kod dece plazma uvek sadrži i promenljive količine intestinalne ALP, a u trudnoći su normalne vrednosti povišene, jer se u plazmi nalazi ALP iz placente koja je otporna prema povišenim temperaturama.

Aktivnosti ALP u plazmi su najčešće povišene zbog bolesti kostiju (sa povećanom aktivnošću osteoblasta) ili zbog bolesti jetre (koja zahvata žučne puteve).

Kvantitativno određivanje aktivnosti ALP u serumu se određuje merenjem brzine hidrolize različitih fosfatnih estara pod specifičnim uslovima. p-Nitrofenil-fosfat, fosfatni estar koji se koristi u ovom postupku je prezentiran kao supstrat 1939.g. od strane Fujita. Bessey, Lowry i Brock 1946.g. su publikovali metodu završne tačke pogodnu za rutinska određivanja u laboratoriji. Kinetički postupak određivanja aktivnosti ALP u serumu objavili su Bowers i McComb 1966.g. Modifikaciju ove metode je usvojio i preporučio kao metodu za determinaciju ALP u serumu Committee on Enzymes of the Scandinavian Society of Clinical Chemistry and Clinical Physiology 1974. godine.

Princip metode



ALP hidrolizuje p-nitrofenil-fosfat u p-nitrofenol i anorganski fosfat, p-Nitrofenol pokazuje visoku molarnu absorbanciju na 405 nm i koncentracija p-nitrofenola je direktno proporcionalna aktivnosti ALP. Zbog toga, aktivnost ovog enzima se određuje merenjem promene absorbancije na 405 nm.

Kvantitativno određivanje aktivnosti alfa-amilaze u serumu

Alfa-amilaza (AMS) hidrolizuje oligosaharide, polisaharide, skrob i glukagon. Skrob je kompleksna supstanca koja se sastoji iz dva različita polisaharida, amilopektina i amiloze. Većina prirodnih skrobova sadrži uglavnom amilopektin i oko 200-250 g/kg amiloze. Amilopektin je razgranati molekul, dok se amiloza sastoji iz nerazgranatih lanaca. Amilaza razgrađuje 1,4-glukozične veze unutar molekula skroba pri čemu nastaju prvo dekstrini (amilodekstrini, eritrodekstrini, ahrodekstrini), a zatim redukcionni šećeri (maltotetroza, maltotrioza, maltoza) i na kraju glukoza. Prednosti amilopektina nad amilozom kao substratom su lakša hidroliza i bolja rastvorljivost. Amiloza se teško rastvara, a postoji i izvestan rizik da proizvodi razgradnje utiču na određivanje. Glikogen i dekstrini nisu pogodni kao substrati za određivanje AMS.

Fiziološki se u serumu nalazi mala količina alfa-amilaze. Molekule AMS su srazmerno male, te se ona brzo odstranjuje putem bubrega. Kada je povećana aktivnost u plazmi, povećana je i aktivnost amilaze u urinu, osim u slučajevima kada su

bubrezi zatajili ili kada se u plazmi nalazi makroamilaza. Patološki povišene vrednosti u serumu i urinu nalaze se medju ostalim, kod akutnog pankreatitisa, perforirajućih i u pankreas penetrirajućih ulkusa duodenuma i želuca, te kod epidemičnog parotitisa.

Princip metode

Određjivanje u serumu može biti izvedeno kao makro, semimikro i mikro metoda. Određjivanje u urinu može biti izvedeno kao makro ili semimikro metoda.

Alfa-amilaza hidrolizuje 1,4-glukozidne veze amilopektina za koga je kovalentno vezana boja (Reakton Rot 2 B-Geigy). Intenzitet nastale boje je upravo proporcionalan koncentraciji alfa-amilaze i absorbancija se očitava na 546 nm.

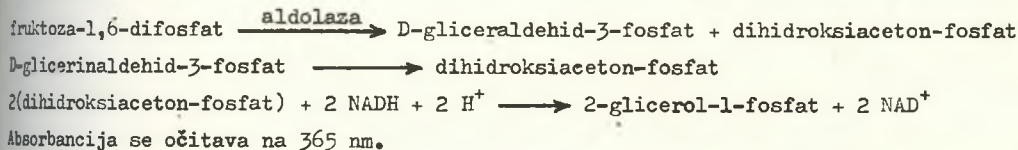
Kvantitativno odredjivanje aldolaze u serumu

Aldolaza katalizuje reakciju razgradnje molekula fruktoza-1,6-difosfata, u toku anaerobne degradacije glukoze, pri čemu se obrazuju dva molekula fosfotrioza, D-gliceraldehid-3-fosfat (fosfoglicerinski aldehid) i fosfodioksiaceton (dihidroksiaceton-fosfat). Ova reakcija je reverzibilna.

Najviša koncentracija aldolaze u tkivu je pronađena u srčanom i skeletnim mišićima. U eritrocitima je koncentracija aldolaze 150 puta veća nego u normalnom serumu.

Aldolaza iz skeletnih mišića ima molekulsku težinu oko $1,5 \times 10^5$ i sastoji se iz četiri subjedinice, koje poseduju slobodne SH- grupe, esencijalne za katalitičku aktivnost. Obrazovanje kompleksa aldolaza-fosfodioksi-aceton ostvaruje se u obliku labilne Schiffove baze sa E-amino grupom lizinovog ostatka iz enzima. Prethodna reakcija može se nazvati aldolnom dekonenzacijom, za razliku od iste reakcije s desna u levo, koja se naziva aldolnom kondenzacijom. Konstanta ravnoteže ove reverzibilne reakcije iznosi $K_{eq} = 9,1 \times 10^{-5}$, što znači da je favorizovana reakcija obrazovanja heksoza-1,6-difosfata.

Princip metode



L I T E R A T U R A

1. Bessey, O.A., Lowry, O.H., Beock, M.J., J. Biol. Chem. 164, 1946.
2. Bowers, G.N., McComb, R.B., Clin. Chem. 12, 1966, 70.
3. Zilva, J.F., Pannall, P.R., Klinička kemija, 1984.
4. Babson, S.R., Babson, A.L., Clin. Chem. Acta , 44, 193, 1973.
5. Majkić-Singh, N., Spasić, S., Praktikum iz medicinske biohemije, 1986.
6. Easthem, R.D., Biohemijske vrednosti u kliničkoj medicini, 1987.
7. Beisenherz, G., et al. , Z. Naturforsch. 8(b):555, 1953.
8. Džimić, M., Osnovi biohemije II, 1978.
9. Kudrjašov, J.B., Radijaciona bolest, 1987.

ABSTRAKT

The most important enzymes which would be study, as significant biochemical indicators of radiation injury, certainly are alkaline phosphatase, alfa-amylase and aldolase. In this paper we suggest methods for quantitative determination of their activity in serum.

4. Sekcija

ZAŠTITA KOD PRIMENE JONIZUJUĆEG ZRAČENJA MEDICINI (ZA ZAPOSLENE U ZONI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA I ZA STANOVNIŠTVO)

PROCENA OZRACENOSTI PROFESIONALNO IZLOZENIH LICA
JONIZUJUĆEM ZRACENJU U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI

Tomašević M.

UNIVERZITETSKI KLINICKI CENTAR
ODUR INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADIOLOŠKU ZAŠTITU
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd, Deligradska 29

UVOD

Izvori jonizujućih zračenja u medicinskoj dijagnostici su najrasprostranjeniji izvori zračenja kojima se svakodnevno ozračuje veliki broj pacijenata. U visoko razvijenim zemljama broj godišnjih izlaganja pacijenata (1) kreće se od 300 do 900 na 1000 stanovnika. Praktično svaki stanovnik bar jednom godišnje biva upućen na dijagnostička ispitivanja uz primenu jonizujućeg zračenja. U nas je stanje i gore jer se u visokom procentu pacijenti ozračuju i bez opravdanog razloga.

Ovakvo izlaganje pacijenata uslovljava značajno povećanje radijacionog rizika za populaciju koja se ozračuje a samim tim i za lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja.

METOD ISPITIVANJA

Prema podacima sa kojima raspolazemo (2) u 1988. godini u zoni jonizujućih zračenja radilo je ukupno 2947 lica od kojih 1682 muškarca i 1265 žena. Svi ovi radnici su koristili lične dozimetre.

Tabela br.1 UKUPAN BROJ LICA KOJA SU U SR SRBIJI
U TOKU 1988. GODINE KORISTILA LICNE DOZIMETRE

POL	VRSTA DOZIMETRA		UKUPNO
	FILM	TLD	
MUŠKARCI	690	992	1682
ŽENE	432	833	1265
UKUPNO	1122	1825	2947

Sa izvorima jonizujućih zračenja koji su se koristili u medicini (2) radilo je 275 lekara radiologa, 890 radioloških tehničara i 284 lekara pneumoftiziologa koji iz godine u godinu sve manje koriste prosvetljavanje kao dijagnostički postupak. Sa rendgen aparatima radio je i veći broj lekara drugih grana medicine kao i drugo medicinsko osoblje.

Rezultati ispitivanja dati su u sledećim tabelama:

Tabela br.2 PROCENJENE MESECNE DOZE OZRACIVANJA RADIOLOGA

ORGAN	PROCENJENA DOZA (mSv)
GLAVA	< 4,19
GRUDI (SA KECELJOM)	< 0,42
GONADE (SA KECELJOM)	< 0,04

Tabela br.3 PROCENJENE MESECNE DOZE OZRACIVANJA LEKARA PNEUMOPTIZIOLOGA

ORGAN	PROCENJENA DOZA (mSv)
GLAVA	< 0,62
GRUDI (SA KECELJOM)	< 0,01
GONADE (SA KECELJOM)	< 0,01

Tabela br.3 PROCENJENE DOZE OZRACIVANJA RADIOLOŠKIH TEHNIČARA OBRACUNATE PO EKSPOZICIJI

ORGAN	PROCENJENA DOZA (mikro Sv)
GLAVA (IZA PARAVANA)	< 0,1
GRUDI (IZA PARAVANA)	< 0,1
GONADE (IZA PARAVANA)	< 0,1

DISKUSIJA

Na osnovu izvršene procene o ozračivanju pojedinih grupa lica koja rade u zoni jonizujućeg zračenja i vrednosti faktora rizika koji za ove radnike iznosi 1.2×10^{-2} Sv (3) izračunat je broj malignoma sa smrtnim ishodom u toku godine. Proračunate vrednosti date su u tabeli br.4.

Tabela br. 4 PRORACUNAT BROJ MALIGNOMA SA SMRTNIM ISHODOM
GODIŠNJE ZA LICA KOJA RADE SA IZVDRIMA ZRACENJA

GRUPA RADNIKA	BROJ SLUCAJEVA
LEKARI RADIOLOZI	0,005
LEKARI PNEUMOFTIZIOLOZI	0,001
RADIOLOSKI TEHNICARI	0,002

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati ukazuju:

- Najvećim dozama zračenja (do 4,19 mSv mesečno) ozračuju se lekari radiolozi,
- Lekari pneumoftiziolozii sve manje koriste rendgen aparate za prosvetljavanje pacijenata tako da se ozračuju manjim dozama zračenja (do 0,42 mSv mesečno),
- Doze zračenja kojima se ozračuju radiološki tehničari samo u izuzetno retkim slučajevima prelaze maksimalno dopuštene vrednosti. Njihovo prosečno mesečno ozračivanje ne prelazi vrednost od 0,04 mSv,
- Dozama zračenja koje su manje od 10 mSv godišnje ozračuje se 97% radnika koji rade u zoni zračenja,
- Radijacioni rizik za lekare radiologe procenjen je na 0,005 slučajeva malignih oboljenja sa smrtnim ishodom godišnje.

SUMMARY

ASSESSMENT OF IRRADIATION OF OCCUPATIONALLY EXPOSED PERSONS TO IONIZING RADIATION IN THE TERRITORY OF SR SERBIA

By regular follow-up studies of persons working professionally with diagnostic roentgen apparatuses it has been established that to the highest doses of radiation are irradiated physicians radiologists, physicians of other branches of medicine as

they are surgeons or traumatologists, radiologic technicians and in a certain cases auxiliary personnel.

LITERATURA

1. Radiation Doses, Effects, Risk INEP, 1985.
2. Dokumentacija Laboratorije za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr D. Karajović" - Beograd.
3. ICRP Publication No 26, Pergamon Press, 1978.

ODREDJIVANJE APSORBOVANE DOZE KOD PACIJENATA I MEDICINSKOG OSOBLJA U PEDIJATRIJI

Popović Dragana*, Petrović B.**; Djurić Gordana**

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

A p s t r a k t

U radu se daju preliminarni rezultati merenja apsorbovane doze kod pacijenata i medicinskog osoblja pri nekim rendgenskim dijagnostičkim postupcima u pedijatriji. Apsorbovana doza merena je termoluminiscentnim dozimetrima na bazi magnezijum borata. Rezultati ukazuju da u zavisnosti od dijagnostičkog postupka, osoblje primi 0.030 - 0.120 mGy, a pacijenti 0.6 - 7.0 mGy za direktno izloženi deo tela, odnosno od 0.03 - 5.50 mGy za zaštićeni deo tela i to pri samo jednoj rendgenografiji.

U V O D . Ozračivanje stanovništva izvorima jonizujućeg zračenja koji se koriste u medicinske svrhe čini preko 30% od ukupnog ozračivanja svim izvorima zračenja. Ovo je posledica široke primene izvora jonizujućeg zračenja u različitim dijagnostičkim i terapijskim postupcima u svim oblastima medicine. Samim tim, problem zaštite, kako medicinskog osoblja, tako i pacijenata, postaje sve značajniji. Ovo je posebno aktuelno u pedijatriji, obzirom da za decu, kao kritičnu grupu populacije, praktično ne postoje norme u oblasti zaštite od jonizujućeg zračenja.

Cilj ovoga rada je da doprinese proceni ukupne apsorbovane doze jonizujućeg zračenja koju primi pacijent i medicinsko osoblje pri nekim rendgenskim dijagnostičkim postupcima u pedijatriji. Takodje, rezultati rada treba da ukažu na neophodnost bolje organizacije rada, odnosno bolju zaštitu medicinskog osoblja i pacijenata (posebno obzirom na uzrast) u oblasti rendgenske dijagnostike u pedijatriji.

MATERIJAL I METODE . Apsorbovana doza X zračenja merena je termoluminiscentnim (TL) dozimetrima na bazi $MgB_4O_7:Dy$ (IBK, Vinča). To su "tkivu ili vazduhu ekvivalentni" dozimetri, kalibrisani standardnim izvorom Ra-226. Košuljice od crne foto hartije, u kojima je u svakoj bilo po deset TL dozimetara, pričvršćivane

su na deo tela pacijenta i osoblja koji je najviše izložen snopu X zračenja u datom dijagnostičkom postupku. Dozimetri su na telo pacijenta, odnosno zglavak ruke medicinskog osoblja pričvršćivani flasterom.

Greška merenja apsorbovane doze u srednjem nije prelazila $\pm 10\%$. Napon rendgenske cevu nalazio se u opsegu od 65–85 kV, zavisno od dijagnostičkog postupka, a vreme merenja iznosilo je u srednjem 0.24 – 300 s.

REZULTATI I DISKUSIJA . Rezultati merenja apsorbovane doze X zračenja kod medicinskog osoblja pri nekim rendgenskim dijagnostičkim postupcima u pedijatriji prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Apsorbovana doza (D) X zračenja koju primi medicinsko osoblje pri nekim rendgenskim dijagnostičkim postupcima

Postupak	Srednje vreme ozračivanja(s)	Osoblje	D(mCy)
Intravenska urografija	0.24	medicinska sestra	0.080
Mikciona cistoureterografija	0.28	"	0.036
Kateterizacija srca i krvnih sudova	300	med.sestra 1	0.030
		" " 2	0.055
		lekar	0.120
Gastroduodenalna skopija	40	med.sestra	0.030
	65	" "	0.055

Kao što se vidi iz podataka prikazanih u Tabeli 1., apsorbovana doza X zračenja kod medicinskog osoblja ne zavisi samo od dijagnostičkog postupka, već i od položaja osoblja u toku postupka. Preliminarni proračun, izveden na osnovu gronjih podataka, pokazuje da, ako se uzme u obzir maksimalno dozvoljiva doza za osobe profesionalno izložene izvorima jonizujućeg zračenja (50mSv godišnje za celo telo) , pomoćno medicinsko osoblje ne bi trebalo da učestvuje u više od 2–4 dijagnostička postupka dnevno, zavisno od vrste datog rendgenskog dijagnostičkog postupka. Ovo svakako treba uzeti u obzir pri organizaciji rada u ustanovama ove vrste.

Što se tiče lekarskog osoblja, čije prisustvo nije uvek neo-

phodno, vidi se da u slučaju kateterizacije srca i krvnih sudova, lekar rendgenolog prima za red veličine veću dozu nego pomoćno medicinsko osoblje, što mu dozvoljava maksimalno jedan dijagnostički postupak ove vrste dnevno. Ovi rezultati se slažu sa rezultatima redovne dozimetrijske kontrole medicinskog osoblja, iz koje se može videti da je osoblje koje obavlja postupak kateterizacije srca, lekar pre svega, najčešće na listi prinudnih prekida obavljanja dijagnostičkih pregleda, zbog prekoračenja maksimalno dozvoljive godišnje doze.

Rezultati merenja apsorbovane doze X zračenja kod pacijenata pri primeni rendgenskih dijagnostičkih postupaka u pedijatriji, prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Apsorbovana doza (D) X zračenja koju primi pacijent pri primeni nekih rendgenskih dijagnostičkih postupaka

Postupak	Srednje vreme ozračivanja(s)	Organ	D(mGy)
Intravenska urografija	0.24	- mokraćna bešika	5.0
		- gonade	5.5
Mikciona cisto-ureterografija	0.28	-mokraćna bešika	7.0
		- gonade	6.8
Kateterizacija srca i krvnih sudova	300	- grudi	7.0
		- gonade	0.030
Gastroduodenalna skopija	40	- želudac	0.600
		- gonade	0.040
	65	- želudac	0.850
		- gonade	0.055

Rezultati prikazani u Tabeli 2. pokazuju da su pacijenti pri datim dijagnostičkim postupcima izloženi veoma visokim dozama X zračenja, čak i u slučaju onih organa (gonade) koji imaju određenu zaštitu.

Ovo pre svega ukazuje na neophodnost poboljšanja zaštitnih mera, obzirom da se polazi od pretpostavke da je primena određenog rendgenskog dijagnostičkog postupka u datom slučaju zaista neizbežna i nezamenljiva u ukupnom medicinskom tretmanu.

S U M M A R Y

The preliminary results of the absorbed dose measurements in some of the radiological diagnostic treatments in pediatrics are presented. The absorbed doses for patients and medical staff were measured with termoluminiscent dosimeters based on $MgB_4O_7:Dy$.

The results should provide a better estimation of the total absorbed dose in radiological diagnostics, a better organization in radiological department and eventually better protection for medical staff and patients, especially considering the age of the patients.

References

- Vekić, B. et al. 1984. Merenje doza zračenja u prostorijama nuklearne medicine pomoću TLD. *Covek i životna sredina*, 9, No.6, p.14-21.
- Popović, D. 1985. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu Zbornici radova JDZZ, 1980 - 1988.

DIJAGNOSTICKI RENDGEN APARATI U SR SRBIJI

Tomašević M.

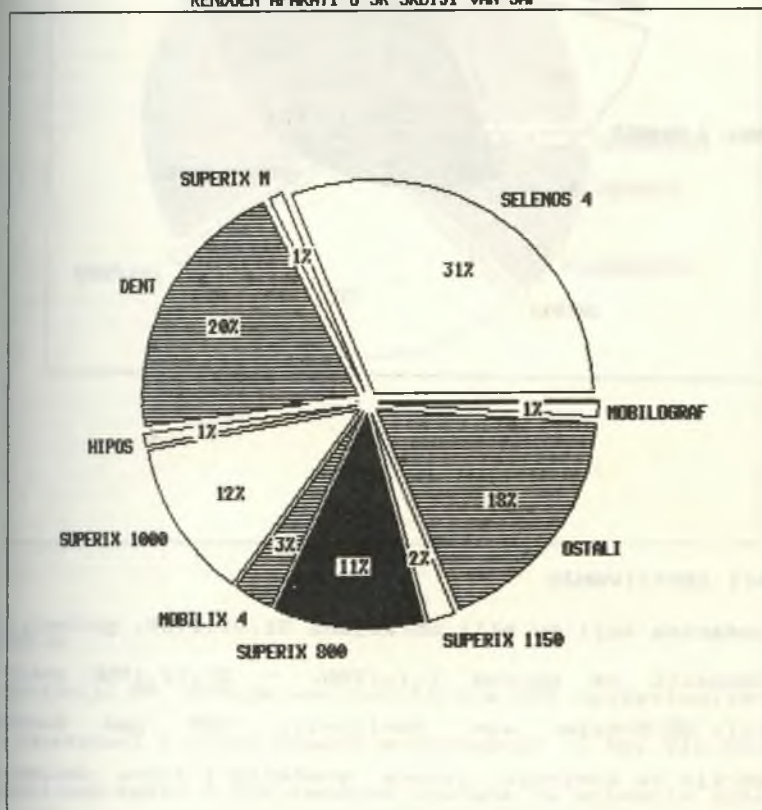
UNIVERZITETSKI KLINICKI CENTAR
ODR INSTITUTE ZA MEDICINU RADA I RADIOLOŠKU ZAŠTITU
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd, Deligradska 29

UVOD

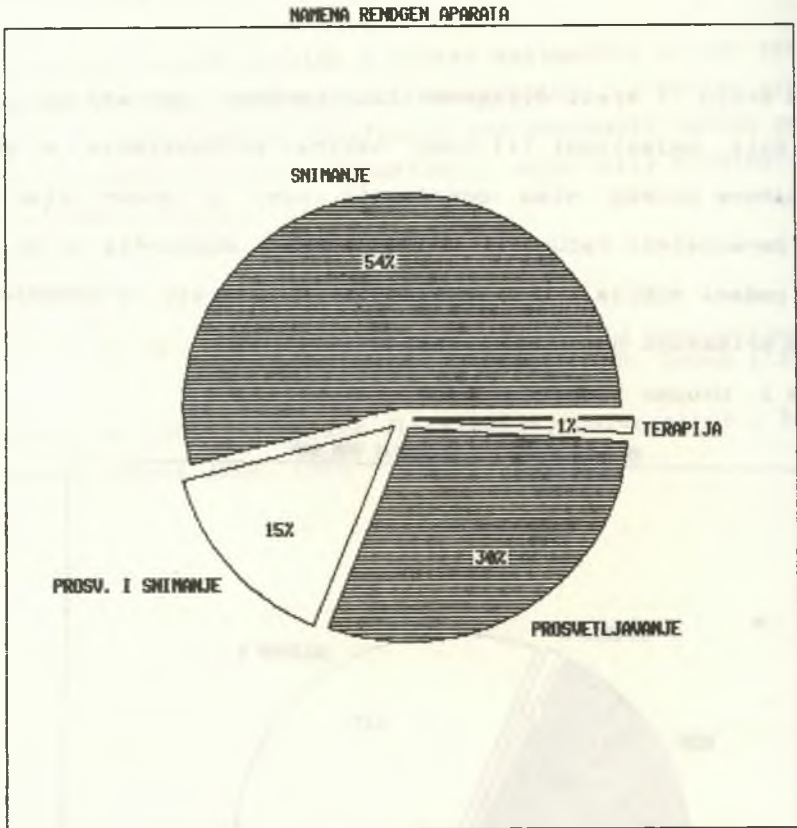
Podaci o broju i vrsti dijagnostičkih rendgen aparata koji su do sada bili objavljeni (1) zbog načina prikupljanja a pre svega njihove obrade nisu odražavali uvek i pravo stanje. Primena personalnih računara u ovoj oblasti doprinela je da se traženi podaci dobijaju u vrlo kratkom roku, prate za određeni period a prikazuju na željeni način.

Grafikon 1. Ukupan broj rendgen aparata.

RENDGEN APARATI U SR SRBIJI VAN SAP



Grafikon 2. Namena rendgen aparata.

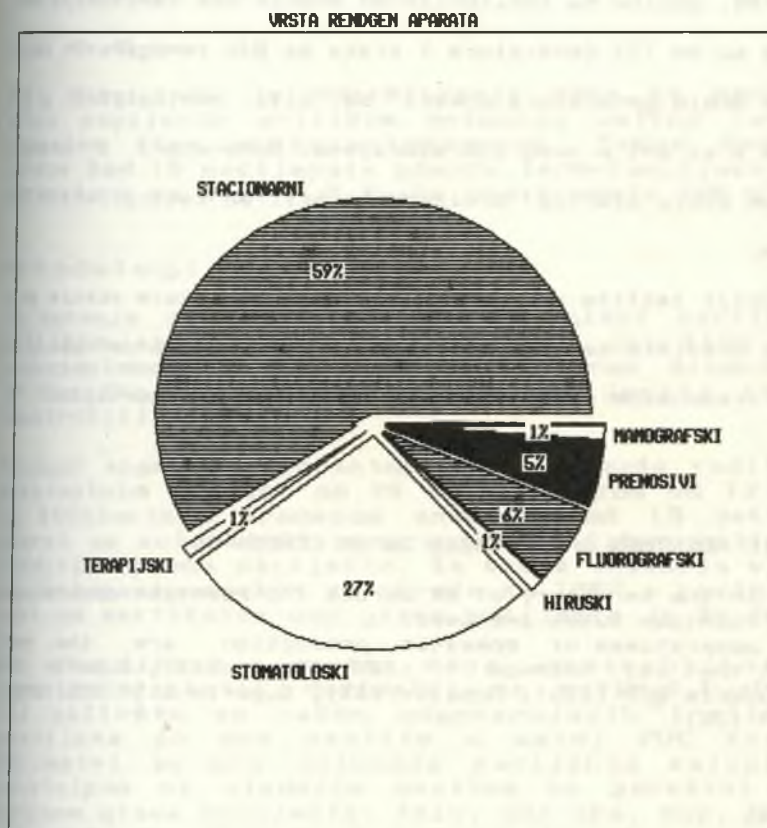


REZULTATI ISPITIVANJA

Prema podacima koji su bili obradjeni 31.01.1989. godine a koji su se odnosili na period 1.1.1988. - 31.12.1988. godine na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP pod kontrolom Laboratorije za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju

Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Tarajović" iz Beograda koristilo se 733 generatora X zraka na kojima je bilo priključeno 836 rendgenskih cevi za primenu u medicinskoj dijagnostici i terapiji.

Grafikon 3. Vrsta rendgen aparata.



DISKUSIJA

Na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP najzastupljeniji su bili generatori X zraka domaće proizvodnje i to: 216 Selenos 4 u dvopulsnom spoju i 166 rendgen aparata za snimanje zuba Dent.

ZAKLJUČAK

Primena računara pa i onih vrlo oskudnih karakteristika omogućila je da se podaci o rendgen aparatima a i drugim izvorima zračenja odlažu u baze podataka u kojima se izvršavaju izmene u skladu sa promenama stvarnog stanja na terenu tako da se u svakom trenutku mogu dati aktuelni izveštaji. U toku 1988. godine na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP koristila su se 733 generatora X zraka sa 836 rendgenskih cevi. U ukupnom broju generatora domaći su bili zastupljeni u 77% slučajeva a strani u samo 23% slučajeva. Generatori X zraka u dvopulsnom spoju starije proizvodnje bili su zastupljeni u 30% slučajeva.

U cilju bolje zaštite pacijenata ali i osoblja koje rukuje ovim aparatima predlaže se da se aparati u dvopulsnom spoju u razumnom vremenskom roku zamene savremenijim i sigurnijim.

SUMMARY

DIAGNOSTIC ROENTGEN APPARATUSES IN SR SERBIA

In 1988. in the territory of SR Serbia 771 roentgen apparatuses with 890 roentgen tubes are used. Roentgen apparatuses of domestic production are the most prevalent that is: Selenos 4 (38%), Dent (24%), Superix 1000 (15%), Superix 800 (13%), Mobilix (3%), Superix 1150 (2%) and Superix M (2%).

LITERATURA

1. Minevski Z., Tomašević M.: RENDGEN APARATI KOJI SE KORISTE ZA SISTEMATSKA SNIMANJA PLUCA. XIII Jugoslovenski simpozij zaštite od zračenja. Pula, 10-13.06.1985. godine. Zbornik radova str.338-391.
2. Minevski Z., Tomašević M.: IZMENE U STRUKTURI DIJAGNOSTICKIH RENDGEN APARATA KOJI SU SE KORISTILI NA TERITORIJI BEOGRADA U PERIODU 1973-1983. GODINE. XIII Jugoslovenski simpozij zaštite od zračenja. Pula, 10-13.06.1985. godine. Zbornik radova, str.381-384.

XV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD
ZRACENJA PRISTINA 06-09 VI 1989 GODINE

ODREDJIVANJE PACIJENTNE DOZE KOD SNIMANJA VELICE RO
APARATOM TIPA ORTHOPANTOMOGRAPH-10

H.MORINA, Sh.FAZLIU, dr. Sh.ZAJMI*

SOUR ELEKTROPRIVREDA KOSOVA - PRISTINA
-RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

*-RO UTI "EMIN DURAKU" - DJAKOVICA
-DISPANZER MEDICINE RADA -

U v o d

Cilj ovog rada je odredjivanje doze na površini glave pacijenta prilikom snimanja velice rentgen aparatom tipa orthopantomograph. Takve doze su merene kod 10 pacijenata pomoću termoluminiscentnih dozimetara na bazi $MgB_4O_7:Dy$ proizvodnje IBK Vinča.

Metodologija rada

Za merenje pacijentnih doza (na glavi pacijenta) prilikom snimanja velice rentgen aparatom tipa orthopantomograph-10 proizvodnje firme Siemens iz SR Nemačke, odredjeno je 10 pacijenata raznih konstrukcija i pola.

Rentgen aparat orthopantomograph-10 može raditi sa maksimalnim naponom od 90 kV i strujom od 12 mA i sa konstantnim vremenom snimanja od 15 sekundi. Aparat se automatski programira na izbor optimalne kondicije prema pacijentu. Za vreme snimanja vilice cev ortopantomografa se okreće za 180° a rastojanje cevi od vertikalne ose glave pacijenta je 30 cm.

Za utvrdjivanje ovih doza upotrebljeni su termoluminiscentni dozimetri na bazi $MgB_4O_7:Dy$ na taj način što su nakon odgovarajućih tretiranja stavljene po dve pastile u maloj PVC kesici. Dozimetri su pre snimanja pacijenta zalepljeni selotejpom na sledećim mestima na površini lica odnosno glave pacijenta: čelo, oba oka, nos, brada, uši, grlo i potiljak. Ista procedura je ponovljena kod svih deset pacijenata.

Istog dana ozračeni TL dozimetri su očitani na TLD sistemu čitača tipa "Toledo 654" - England.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati pacijentnih doza su prikazani na tabeli 1 gde se vidi da srednja doza pacijenta menja se u zavisnosti od konstrukcije i veličine glave pacijenta jer od toga zavisi radna kondicija (naponi struja) i veličina doze.

Kod svih pacijenata najveća doza je izmerena u blizini ušiju (do 1.41 mSv) a najmanja na očima i čelu (do 0.07 mSv).

Iz tabele može se videti da se srednja pacijenta doza na površini glave pacijenta kreće se od 0.10 do 0.68 mSv, dok srednja vrednost pacijentne doze za svih 10 pacijenata je 0.36 mSv.

	Pac, I	Pac, II	Pac, III	Pac, IV	Pac, V	Pac, VI	Pac, VII	Pac, VIII	Pac, IX	Pac, X	Σ
	Doza u mSv										
1.Celo	0,05	0,03	0,09	0,03	0,06	0,10	0,05	0,02	0,15	0,02	1,14
2.Desno oko	0,07	0,11	0,08	0,07	0,04	0,05	0,07	0,15	0,03	0,05	0,07
3.Levo oko	0,13	0,06	0,06	0,08	0,04	0,02	0,15	0,05	0,04	0,09	0,07
4.Nos	0,06	0,09	0,07	0,16	0,04	0,07	0,14	0,14	0,09	0,00	0,09
5.Brada	0,08	0,07	0,20	0,13	0,20	0,06	0,06	0,08	0,06	0,13	0,11
6.Desno uvo	1,70	2,06	2,50	0,22	1,89	1,30	1,53	2,53	0,10	0,30	1,41
7.Levo uvo	0,60	2,04	0,36	2,72	2,22	2,17	0,77	1,51	0,15	2,30	1,30
8.Grlo	0,13	0,27	0,16	2,88	0,15	0,14	0,19	0,12	0,19	0,12	0,43
9.Potiljak	0,14	0,08	0,07	0,60	0,07	0,07	0,40	0,79	0,05	0,45	0,23
Σ	0,32	0,47	0,40	0,65	0,25	0,45	0,38	0,55	0,10	0,60	0,40

zaključak

Pacijent prima svakako znatno dozu X-zračenja prilikom snimanja velice ortopantomografom-10. Stoga, lekar ne sme upititi pacijenta na snimanje velice bez sigurnih indikacija.

Abstrakt

XV. YUGOSLAV SYMPOSIUM FOR PROTECTION FROM RADIATION PRISHTINA, APRILL 06-09-VI 1989

MEASUREMENT OF RADIATION DOSE DURING PATIENT'S JAW X - RAY PHOTOGRAPHING BY ORTHOPANTOMOGRAPH

H.MORINA, Sh.FAZLIU, dr. Sh.ZAJMI*

SOUR ELEKTROPRIVREDA KOSOVA - PRISTINA
-RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

*-RO UTI "EMIN DURAKU" - DJAKOVICA
- DISPANZER MEDICINE RADA -

In this paper are presented results of measurements of radiation dose during patient x-ray head photographing of 10 patients. The x-ray dose was measured by TL dosimeters on basis of $MgB_4O_7:Dy$ produced by Vinča. Dosimeters were placed on 9 points of patient's head.

The highest dose levels were registered in the ear and eye area.

Literatura:

1. Prokić M.: Termoluminiscentna dozimetrija u savremenoj dozimetriji zračenja - XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Pula 1985;
2. Tomašević M.: Ristić B.: Minevski Z.: Određivanje ozračenosti dojki merenjem "in vivo" termoluminiscentnim dozimetrima;
3. Petrović F.: Opasnost od medicinske primkene rentgenskih i ostalih jonizirajućih zraka, Lij. Vjes. 82; 8, 1968;
4. Renogajec - Komor, M. i sur.: Merenja raspodjele doze zračenja po cijelom tijelu pomoću termoluminiscentnog dozimetra, Zbornik XI jugoslavenskog simpozija o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981;

IZVOD IZ PROTOKOLA ZA ISPITIVANJE SUPERIX 1000

Krstić S., Tomašević M.*

EI Niš, OOUR Fabrika rendgen aparata;
* UNIVERZITETSKI KLINICKI CENTAR
OOUR INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADIOLOŠKU ZASTITU
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd, Deligradska 29

UVOD

Zakonskim propisima utvrđena su ispitivanja koja se u određenim vremenskim intervalima moraju vršiti na svim izvorima jonizujućih zračenja. Ovim propisima obuhvaćeni su i dijagnostički rendgen aparati (1). Poslednjom verzijom Pravilnika o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju i o merenjima stepena izloženosti jonizujućim zračenjima lica koja rade sa izvorima tih zračenja i o proveravanju kontaminacije radne sredine, predviđa se i dodatno ispitivanje kvaliteta rendgenskog zračenja, koje do sada nije bilo vršeno. Kontrola dijagnostičkih rendgen aparata zasniva se na propisima koji su doneti u zemlji u kojoj se oni koriste, međutim kako se rendgen aparati izvoze i prodaju u čitavom svetu oni moraju da ispunjavaju i međunarodne propise. Naši rendgen aparati u potpunosti zadovoljavaju stroge međunarodne norme a u ovom radu izneti su samo neki uslovi i kriterijumi koji moraju biti ostvareni kod komandnog stola Superix 1000. Kroz slična ili ista ispitivanja prolaze i ostali komandni stolovi. Kako nismo u stanju da prikažemo sve faze ispitivanja i da opišemo sve uslove pod kojima se ispitivanja vrše, opredelili smo se za ona koja imaju bitan uticaj na kasnija ispitivanja koja će se obavljati u okviru Quality Assurance programa.

ISPITIVANJA NA KOMANDNOM STOLU SUPERIX 1000.

Svaki komandni sto rendgen aparata prolazi kroz završnu kontrolu a rezultati se unose u Ispitni list-Protokol. Ukoliko su veličine koje se ispituju u tolerantnim granicama odnosno u skladu sa medjunarodnim propisima ispitivani uređjaj se pušta u promet. U sledećoj tabeli dati su podaci nekih ispitivanja.

Tabela br.1 IZVOD IZ PROTOKOLA ISPITIVANJA SUPERIX 1000

PODESAVANJE I MERENJE VREDNOSTI ZA RENDGENSKE CEVI 50 kW, 70 kW I 100 kW PRI SLOBODNOM BIRANJU kV, mA I VREMENA (TRI TACKE)

STO	kV		STO	mA		VREME 0.1s
	TOLE RANCA	IZME RENO		TOLE RANCA	IZME RENO	
40	34-46	42	80	6.5- 9.5	9.2	
60	57-63	60	640	5.5- 7.5	6.4	
60	57-63	60	100	8.0-12.0	11.6	
40	34-46	43	320	24.0-40.0	31.4	
50	48-52	52	320	24.0-40.0	31.8	
60	57-63	61	320	24.0-40.0	32.3	
70	67-73	71	320	24.0-40.0	32.5	
80	76-84	80	320	24.0-40.0	32.4	
90	86-94	90	320	24.0-40.0	32.3	
100	95-105	100	320	24.0-40.0	32.2	
125	119-131	125	320	24.0-40.0	32.4	
150	143-157	144	250	19.0-31.0	25.8	

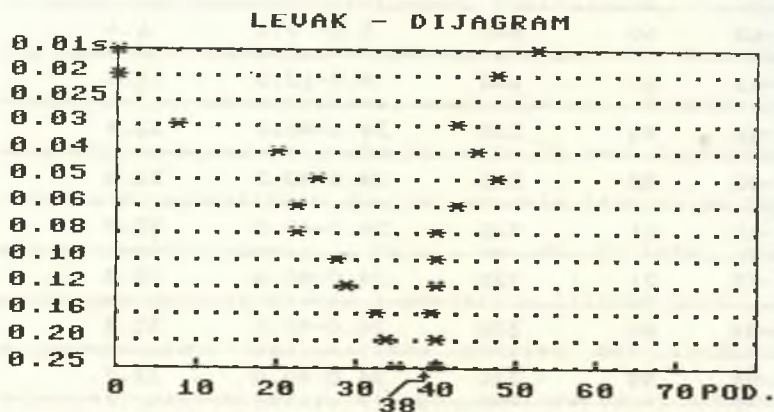
Slična ispitivanja protežu se i na određivanje drugih veličina pod maksimalnim opterećenjem pri 1000 mA i 700 mA. U sledećoj tabeli br.2 date su dobijene vrednosti pri 700 mA.

Tabela br.2 ISPITIVANJE PRI 700 mA

kV		mA	mAs		VREME
NA STOLU	IZMERENO	NA STOLU	TOLERANCA	IZMERENO	0.1s
70	71	700	60 - 80	71	

Posebna pažnja pri ispitivanju komandnih stolova posvećuje se određivanju vremena i njegovom podežavanju. Podešavanje se vrši sve dotledok se ne dobije zadovoljavajući "levak dijagram" (TRIHTER-DIAGRAM) koji se ucrtava u protokol ispitivanja.

Na crtežu br.1 prikazan je levak dijagram za konkretan slučaj iz koga se jasno vidi da će sva vremena biti zadovoljavajuće podešena ukoliko se odabere podeok koji je u opsegu 35-39 i fiksira na primer na 38podeok.



Crtež br. 1. "LEVAK DIJAGRAM"

ZAKLJUČAK

Iz ovog kratkog izvoda iz protokola za ispitivanje komandnih stolova dijagnostičkih rendgen aparata može se zaključiti da se komandni stolovi u fabrici podvrgavaju ispitivanjima u skladu

sa medjunarodnim preporukama i da se u promet ne puštaju ukoliko bilo koja vrednost odstupa od zadate.

Ukoliko u toku rada dodje do izvesnih odstupanja ona su posledica samo rukovanja sa rendgen aparatima koje nije uvek adekvatno.

SUMMARY

AN EXTRACT FROM INVESTIGATION PROTOCOLE FOR SUPERIX 1000

Strict control measures during roentgen apparatuses manufacture ensure safety in their use. Only some of the check-up procedures performed during final examination of Superix 1000 have been reported in the paper, which completely fit into the Quality Assurance Programme.

LITERATURA

1. Sl list SFRJ br. 40/86.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRAČENJA
APSORBOVANA DOZA KOD PROFESIONALNO ZAPOSLENIH LICA PRI
MANIPULACIJI Tc^{99m} U KBC "KRAGUJEVAC" U KRAGUJEVCU

Krstić R.¹, Nikezić D.²

¹KBC "Kragujevac", Kragujevac

²PMF Univerziteta "Svetozar Marković", Kragujevac

Abstrakt

U ovom radu su dati rezultati merenja apsorbovane doze kod profesionalno zaposlenih lica koja manipulišu Tc^{99m} bez olovne zaštite na špricu. Merenja su obavljena samo na rukama (šakama) zaposlenog osoblja. Korišćeni su TL dozimetri instituta "J.Štefan". Dati su posebno rezultati za tri operacije sa Tc^{99m} koje izvode različite osobe. Apсорbovana doza zavisi od izvedene operacije i aktivnosti sa kojom se radi.

Uvod

U KBC-u "kragujevac" na Odeljenju za nuklearnu medicinu koristi se Tc^{99m} u dijagnostičke svrhe. Pri radu sa ovim čistim gama emiterom dolazi do ozračivanja zaposlenog osoblja. Najizloženiji organi su ruke (šake) osoblja koje radi sa ovim izvorom, pa je stoga cilj ovog rada da se izmeri apsorbovana doza koju prime šake pri različitim operacijama.

Metod rada

Merene su apsorbovane doze šake pri operacijama sa Tc^{99m} i to⁽¹⁾:

- eluiranje generatora i markiranje
- pripremanje pojedinačnih injekcija za apliciranje
- apliciranje radioobeleživača pacijentima

Za merenja su korišćeni TL dozimetri koji su bili fiksirani na šakama ispitivanih osoba. Očitavanje TL dozimetra je obavljeno u Institutu za medicinu rada "Dr D.Karajović" u Beogradu.

Rezultati

U tablici 1 su date vrednosti apsorbovane doze u šaci pri eluiranju generatora i markiranju; u tablici 2 su dati rezultati pri pripremi pojedinačnih injekcija; i u tablici 3 pri apliciranju radioobeleživača pacijentima.

Diskusija

Pregledom tabele 1 se vidi da je apsorbovana doza znatno veća sa desnu nego za levu šaku. U prvom slučaju (markirani kitovi za unimanje 3 skeleta i 8 DTPA) doza u desnoj šaci je oko 30 puta veća od doze u levoj; u drugom slučaju pri sličnoj operaciji desna šaka je šest puta više ozračena od leve. Ova razlika je lako objašnjiva imajući u vidu da se špric u kome se nalazi aktivnost uglavnom drži desnom rukom. Srednja vrednost apsorbovane doze po jednom GBq pri ovoj operaciji iznosi oko 0.4 mGy.

Rezultati dati u tabeli 2 pokazuju da je apsorbovana doza šake pri pripremi pojedinačnih injekcija oko 10 puta manja nego pri eluiranju i markiranju. Leva i desna šaka su približno isto izložene dejstvu jonizujućeg zračenja. Srednja doza po jediničnoj aktivnosti je 0,04 mGy/GBq.

Iz navedenih podataka u tabeli 3 vidi se da je apsorbovana doza u šakama pri aplikaciji pojedinačnih injekcija približno jednaka za različite radioobeleživače. Srednja vrednost doza po jediničnoj aktivnosti je 0.06 mGy/GBq. Ova doza je neznatno veća od srednje vrednosti doze pri pripremanju pojedinačnih injekcija sa radioobeleživačem.

Zaključak

U ovom radu izvršena je procena ozračenosti šake kod profesionalno zaposlenog osoblja na Odeljenju za nuklearnu medicinu pri manipulaciji sa Tc^{99m} . Iz rezultata merenja doza po pojedinačnoj aktivnosti pri procesu eluiranja generatora i markiranja iznosi 0.4 mGy, što je deset puta veća doza nego pri pripremi i aplikaciji pojedinačnih injekcija. Na osnovu rezultata može se zaključiti da šake profesionalno zaposlenog osoblja na Odeljenju za nuklearnu medicinu koje apliciraju injekcije sa radioobeleživačem u toku nedelje apsorbuju dozu od 1,2 mGy, a približno istu toliku dozu apsorbuju šake radnika koji priprema pojedinačne injekcije sa radioobeleživačem. Šake radnika koji eluira generator i markira u toku nedelje apsorbuju oko 10 mGy. Sve ove doze bile bi znatno manje uz primenu šprica sa olovnom zaštitom. Granična apsorbovana doza za šake tokom nedelje je do 15 mGy, odnosno tokom godine do 75 mGy.

Tabela 1: Apsorbovane doze pri pri eluiranju generatora i markiranju mGy

r.b	vsta kita	aktivnost GBq	doza mGy	$\frac{mGy}{GBq}$	primedba
1	3 skel.+8DTPA	4,5	0,16	0,04	leva šaka
2	3 skel.+8DTPA	4,5	4,54	1,0	desna šaka
3	3 skel.+6DTPA	4,5	0,54	0,12	leva šaka
4	3 skel.+6DTPA	4,5	3,62	0,8	desna šaka
5	10 jetri	2,0	0,51	0,25	desna šaka
6	12DMS+3DTPA	2,1	0,43	0,20	desna šaka

Tabela 2 : Apsorbovane doze pri izvlačenju pojedinačnih injekcija u mGy

r.b	vrsta kita	aktivnost GBq	doza mGy	$\frac{mGy}{GBq}$	primedba
1	3 skel.+7 DTPA	3,5	0,10	0,03	desna šaka
2	3 skel.+7 DTPA	3,5	0,12	0,03	-
3	10 jetri	1,5	0,09	0,06	-
4	12 DMS	1,2	0,08	0,07	leva šaka
5	7 DTPA	1,1	0,07	0,06	-
6	3 mozga	3,0	0,11	0,04	-

Tabela 3 : Apsorbovana doza pri apliciranju pojedinačnih injekcija u mGy

r.b	vrsta kita	aktivnost GBq	doza mGy	$\frac{mGy}{GBq}$	primedba
1	3 skeleta	2,4	0,10	0,04	desna šaka
2	7 DTPA	1,1	0,07	0,06	-
3	12 DMS	1,2	0,07	0,05	-
4	7 jetri	1,1	0,12	0,02	leva šaka
5	3 mozga	3,0	0,14	0,05	-
6	3 mozga+7 DTPA	4,4	0,26	0,06	-

ABSORBED DOSE FOR OCCUPATIONALLY EXPOSED WORKERS IN "KC" IN
Kragujevac

Erstić R¹., Nikezić D².

Klinical Center -Kragujevac

Faculty of Natural Sciences , Physics Department- Kragujevac

Abstract

Some results of absorbed dose measurements for workers which manipulated with Tc^{99m} are given. Measurements were done on hands using by TL dosimetry. Results are given for three different manual operations. Absorbed dose depends on applying activity.

REFERENCE

1. Tomašević M; "Izloženost radnika zračenju u radioizotopnim laboratorijama pri primeni radioizotopa Tc-99m za dijagnostička ispitivanja jetre i bubrega", Zbornik radova XI Jugoslovenski Simp. Zaštite od Zračenja, Portorož 1981.

DODATNA ZAŠTITA U TUBUSU RENDGEN APARATA DENT

Vuković N., Tomašević M.*

EI Niš, OOUR Fabrika rendgen aparata;
* UNIVERZITETSKI KLINICKI CENTAR
OOUR INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADIOLOŠKU ZAŠTITU
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd, Deligradska 29

UVOD

Širina ozraćenog polja na kontaktu tubusa sa kožom pacijenta rendgen aparata za snimanje zuba, koji rade sa naponima nižim od 60 kV, ne sme biti veća od 6 cm u prečniku (1).

Rezultati stalnih ispitivanja koja vrši Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" iz Beograda na teritoriji SR Srbije od 1969. godine ukazivali su da ova vrednost kod rendgen aparata Dent proizvođača EI iz Niša nije bila veća od propisane vrednosti. Srednja merena vrednost iznosila je 62 ± 0.5 mm (2). Kako prilikom ispitivanja i snimanja polja nije moguće da se ostvari prisan i uvek isti kontakt tubusa sa filmom, to utvrđjena odstupanja mogu da se zanemare.

METOD ISPITIVANJA

Ograničavanje širine ozraćenog polja kod stomatoloških rendgen aparata Dent postiže se olovnom blendom koja se nalazi ispred tubusa a na kućištu zračnika. Otvor blende je tolikog prečnika da dopušta da se na kontaktu korisnim zrakom ozrači upravo propisana površina. Nedostatak ove blende se može utvrditi ukoliko se skine tubus što se prilikom dozimetrijskih kontrola obavezno i čini.

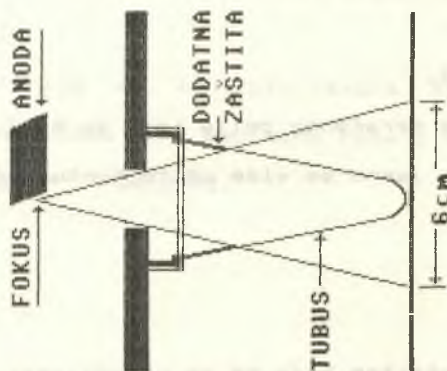
Poslednjih godina primećeno je kod izvesnog, ali vrlo malog broja rendgen aparata Dent, da je ozračeno polje šire od propisane vrednosti i da nema oštre granice.

U nekim slučajevima stvarno se radilo o polju većih dimenzija jer su korisnici rendgen aparata odstranjivali zaštitne blende da bi olakšali centriranje zračenja na film, ali ponekada naročito kod prvih saopštenja radilo se i o neadekvatnom merenju širine polja koristeći film u kasetama sa pojačavačkim folijama.

Kako se povećavanje ozračenog polja na kontaktu tubusa sa kožom pacijenta odražava pre svega na ozračivanje očiju pacijenta većim dozama zračenja pri retroalveolarnom snimanju zuba ovim rendgen aparatom, predloženo je jednostavno rešenje da se smanji širina ozračenog polja.

Dodatna zaštita u tubusu rendgen aparata Dent prikazana je na crtežu br. 1.

DODATNA ZAŠTITA U TUBUSU RENDGEN APARATA DENT

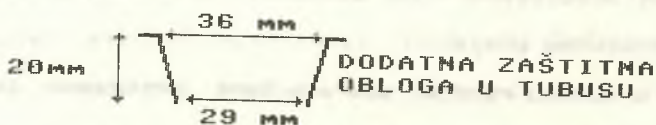


Crtež br. 1

Predložena zaštita sa aspekta zaštite od jonizujućih zračenja poželjna je i u slučajevima kada se ne radi o polju veće veličine od zahtevane i kada postoji ugrađena blenda.

Dodatnu zaštitu u tubusu rendgen aparata Dent čini obloga koja se postavlja u konusni plastični tubus. Obloga je od olovnog lima debljine 0.8 mm i visine 20 mm koja u potpunosti ograničava ozraчено polje ali i rasuto zračenje kojim se ozračuju oči, tireoideja, sternum pa čak i gonade pacijenta.

Dodatni zaštitni umetak prikazan je na crtežu br. 2.



Crtež br. 2.

Na snimcima ozračenog polja koji su bili napravljeni uz primenu ovog umetka jasno se vide oštre konture ozračenog polja.

ZAKLJUČAK

Dodatnom zaštitom koja će se ugradjivati u tubuse novih rendgen aparata Dent a po potrebi i na zahtev i u starije modele postićiće se propisana veličina ozračenog polja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta kao i smanjenje doza zračenja kojima se u toku retroalveolarnih snimanja zuba ozračuju oči, tireoideja, sternum i gonade pacijenta.

SUMMARY

ADDITIONAL PROTECTION IN DENT ROENTGEN APPARATUSES POINTER CONE

Field diameter at the end of pointer cone of the roentgen apparatuses for dental use should not exceed 6 cm.

In some cases field diameter can exceed the limited values.

The additional protection in Dent roentgen apparatuses pointer cone, which has recently been applied, helps in providing the limited field diameter in all cases.

LITERATURA

1. Sl list SFRJ br. 40/86.

2. Tomašević M.: OPSTA I LOKALNA OZRACENOST PACIJENTA I NJIHOVA ZAŠTITA PRI STOMATOLOŠKOJ RENDGENDIJAGNOSTICI.

Mg. rad. Farmaceutsko biokemijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Beograd 1971.

3. Dokumentacija Laboratorije za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr D. Karajović" - Beograd.

STOHAŠTIČKI EFEKTI I RADIJACIONI RIZIK

Jeremić M. i Panov D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karažović"

Medju naučnicima postoji u pogledu epidemioloških podataka, rezultata eksperimentalnih ispitivanja i drugih naučnih rezultata potpuna saglasnost o biološkim efektima doze zračenja reda veličine od jednog siverta i većim, u zavisnosti od jačine primljene doze. Međutim, o uticaju malih doza zračenja ne pojavu stohastičkih efekata, pogotovo zračenje se slabim linearnim transferom energije, postoje značajne kontroverze.

Prema stanovištu Međunarodne komisije za radiološku zaštitu, imajući u vidu da postoji veliki broj lica koje su izložene malim dozama jonizujućih zračenja, bilo ozračenjem iz prirodnih izvora, u toku medicinske primene ili u toku profesionalne ekspozicije, bilo ozračenjem i kontaminacijom posle nuklearnih havarija, postoji i verovatnoća da je izvestan broj malignih oboljenja posledica tih ozračenja. Kako se procena stohastičkih efekata može izvršiti jedino na osnovu statističkih parametara, korišćeni su epidemiološki podaci o ozračenju određenih populacionih grupa visokim dozama i ekstrapolacijom tih podataka na male doze, kao i statistička obrada rezultata eksperimentalnih istraživanja na životinjama, koji omogućavaju ekstrapolaciju na čoveka. Epidemiološka ispitivanja koje su obavljena nad preživelim žrtvama nuklearnih bombardovanja u Hirošimi i Nagasakiju (1), kao i epidemiološka ispitivanja koja su obav-

ljene medju pacijentima lečenim radioterspijom zbog ankilozirajućeg spondilitisa (2) ukazala su na povećan letalitet od malignih oboljenja u poredjenju sa nacionalnim statistikama (3). Na osnovu tih podataka sa visokim dozama, reda veličine od jednog siverta i većim, primljenim i kratkom vremenskom periodu, Medjunarodna komisija za radiološku zaštitu postavila je hipotezu o linearnoj zavisnosti izmedju doze i efekta. Prema toj hipotezi radijacioni rizik^x od pojave stohastičkih efekata opada arazmerno sa smanjenjem primljene doze, i obratno (4). Komisija smatra da je taj odnos najverovstnije linearan i da za pojavu stohastičkih efekata najverovstnije ne postoji prag-doza (5). S obzirom da nema podataka o dejstvu malih doza jonizujućih zračenja na ljudski organizam izvršena je matematička procena rizika mortaliteta od malignih oboljenja, pri čemu su cifre izražene kao broj ekscenih slučajeva mortaliteta od kancera koji bi se dogodili u toku života jednog miliona lica, ako bi sva lica bila izložena dozi od 0,01 siverta (4). Prema proceni Komisije red veličine verovatnoće indukcije, pri ozračenju celog organizma, iznosi $1,25 \times 10^{-4}$ po centisivertu (6).

Do danas, međjutim, nije dat zadovoljavajući odgovor na pitanje o vezi izmedju doze i efekta, ukoliko se odnosi na efekte malih doza zračenja sa slabim linearnim transferom energije, a hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji nije potvrđjena ni epidemiološkim ispitivanjima ni dosadašnjim rezultatima eksperimentalnih istraživanja. Što se tiče epidemioloških ispitivanja očigledno je da sprovođenje epidemioloških anketa medju licima iz

x Radijacioni rizik za stanovništvo koje se ozračuje niskim dozama zračenje izraževa se kao broj očekivanih smrtnih slučajeva zbog oboljenja od raka i kao broj očekivanih genetskih oštećenja kod potomaka u dva naredna pokoljenja (7).

loženim malim dozama zračenje nije izvodljivo sa statističkom značajnošću, ako se ima u vidu činjenica da prirodni nivo incidencije kancera iznosi oko 30% (8). Rezultati eksperimentalnih ispitivanja ukazuju, također, da hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji znatno precenjuje radijacioni rizik pri ekspoziciji malim dozama zračenja. Ti rezultati su naročito evidentni u eksperimentima u kojima su eksperimentalne životinje bile izložene zracima sa slabim linearnim transferom energije. Konstatovano je, na primer, da pri ozračivanju gema zracima nije bilo moguće otkriti nijedan slučaj kancera ako su životinje bile eksponovane dozama manjim od 50 centigreja (9).

Hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji u toku poslednjih godina kritikovana je od strane znatnog broja naučnika, koji svoje stavove zasnivaju na velikom broju radiobioloških podataka. Grupa eksperata koju je 1979. godine formirao Naučni komitet Akademije nauka SAD (10) zauzela je stav da hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji znatno precenjuje rizik pri ekspoziciji malim dozama, u najmanju ruku pri ekspoziciji zračenjima sa slabim LET-om. Za većinu članova grupe radioindukovane maligne alteracije, na nivou malih do intermedijernih doza ne podležu linearnom odnosu, i taj odnos je odbačen kao najprikledniji model za procenu radijacionog rizika za zračenje sa slabim LET-om i sa malim brzina doza, na nivou doza manjim od približno 25 centisiverte. Time su stavljeni pod znak pitanja klasični načini proračuna oštećenja koje male doze zračenja mogu izazvati kod profesionalno eksponovanih lica, kao i u populaciji u celini (10).

Na osnovu iznetih činjenica može se sa razlogom postaviti pitanje da li ozračivanje ljudskog organizma vrlo malim do-

zama, manjim od pet centisiverta izaziva stohastičke efekte, odnosno, da li za vrlo male doze postoji ili ne postoji prag, i da li pri ekspoziciji dozama tog reda veličine postoji radijacioni rizik.

Abstract

STOCHASTIC EFFECT AND RADIATION RISK.

The paper presents critical attitude on the influence of low doses of ionizing radiation on the occurrence of stochastic effect in humans. The question is raised on the possible relationship between the dose and effect in exposure to very low doses (below 5 cSv).

Literature

1. Kerr D.: Organ dose estimates for the Japanese atomic-bomb survivors, *Health Phys.* (1979), 37: 487-608.
2. ICRP Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters, ICRP Publication 50, Pergamon Press, Oxford, 1986.
3. What the general practitioner (MD) should know about medical handling of overexposed individuals, IAEA-TECDOC-366, Vienna, 1986, 45-50
4. Sources and effects of ionizing radiations, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations, Report to the General Assembly, United Nations, New York, 1977.
5. Marković P.: MRKZ Publikacija 26 - Osnove i neke praktične, implikacije njene primene - Zbornik radova, X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac (1979), 129-153.
6. International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the ICRP, ICRP Publication 26, Oxford, Pergamon Press, 1977.
7. Republički društveni savet za prostorno uređenje i zaštitu i unapređenje čovekove sredine: Ocene i stavovi povodom rasprave o primeni jonizujućih zračenja u medicini, poljoprivredi, industriji i uticaj ozračivanja na stanovništvo na teritoriji SRS, primenom izvora ovih ozračivanja kao i ozračivanja stanovništva usled černobiljskog skcidenta, Beograd, januara 1989. godine.
8. Jemmet M.: Action des rayonnements sur le milieu vivant, Cours organise par l'Institut national des sciences et techniques nucleaires "La prevention des risques dans l'utilisation des rayonnements et des instalations nucleaires, Saclse, 18 mai - 19 juin 1981.
9. Masse R.: Radiocancerogenese experimentale, *Clefs CEA* (1987) 7: 12-21.
10. Vignes S.: Compte rendu du BEIR III et de la controverse qu'il a suscitee, *Radioprotection* (1981), 16 (4): 152-156.

PRIMENA PERSONALNIH RACUNARA U KONTROLI IZVORA ZRACENJA

Tomašević M.

UNIVERZITETSKI KLINICKI CENTAR
ODOUR INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADIOLOSKU ZASTITU
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd, Deligradska 29

UVOD

U proteklom periodu, od prvih primena računara u nas za obradu odredjenih proračuna (1,2) pa do sada, zalagali smo se za njihovu širu primenu u svim oblastima zaštite od zračenja, ne samo zato što nam personalni računari obezbeđuju veliku uštedu vremena već i zbog toga što omogućavaju kvalitetniju obradu i prezentaciju podataka. Sem toga njihova primena bi omogućila da se podaci obradjuju na sličan ili skoro isti način od strane svih službi za radiološku zaštitu u našoj zemlji. Prikupljeni i obradjeni podaci mogli bi se izmenjivati a na osnovu njih mogli bi se izdavati i zajednički izveštaji relevantni za celu zemlju iz oblasti zaštite od zračenja. Oni bi bili pouzdani, obradjeni u najkraćem roku i bili bi dostupni svim zainteresovanim organizacijama po potrebi i javnosti.

Medjurepubličku saradnju na ovom planu ostvarile su za sada jedino službe za kontrolu izvora jonizujućih zračenja i ličnu dozimetriju. Postignuti su odgovarajući dogovori, oformljene su slične baze podataka i odabrani su prikladni programski paketi.

Od 01.01.1989. godine na osnovu učinjenih dogovora u Laboratoriji za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju, Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" iz Beograda počelo se sa ostvarivanjem ove zamisli.

Prvi rezultati koji su postignuti ohrabruju, tako da očekujemo da će uskoro sve službe za kontrolu izvora zračenja pristupiti realizaciji ovog programa, jer je isti od šireg društvenog značaja.

Kao osnovni programski paket za obradu baze podataka odabran je komercijalni program dBASE III PLUS uz podršku programa LOTUS 1,2,3. Oni su odabrani pre svega zato što se mogu izvoditi na svim IBM ili IBM kompatibilnim PC računarima ali i zato što se u nas oni mogu pribaviti bez većih finansijskih ulaganja. Oni su pouzdani i omogućavaju obradu velikog broja podataka sa kojima operišu službe za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju. Modifikacija ovih programa konkretnim zahtevima korisnika takodje je moguća i može je izvršiti i lice koje ne raspolaže sa većim znanjem programiranja. Ne treba zanemariti ni činjenicu da se obuka izvršioca može obaviti za samo nekoliko dana u zavisnosti od njihovog predznanja iz ove oblasti.

Skoro sve obrade podataka iz baze podataka izvršavaju se u programu dBASE III PLUS, a vrlo retko bar u našem slučaju koriste se i mogućnosti programa LOTUS 1,2,3 pre svega za crtanje odgovarajućih grafikona.

PRIMENA

Na osnovu Zakonskih propisa kojima je propisana metodologija kontrole dijagnostičkih rendgen aparata i drugih izvora jonizujućih zračenja oformljena je baza podataka sa 98 polja - obeležja koja se prate za svaki dijagnostički rendgen aparat. Na taj

način pod nadzorom su svi relevantni podaci koji ulaze u konačan izveštaj koji se dostavlja krajnjem korisniku. Podaci koji se unose u bazu podataka daju podatke o korisniku rendgen aparata, uslovima smeštaja, tipu, vrsti i nameni rendgen aparata, zaštiti za pacijente i osoblje, izmerenim vrednostima doza zračenja na mestima koja su predvidjena zakonskim propisima (3) a unose se i predlozi za dalje korišćenje ili zabranu korišćenja posmatranog rendgen aparata.

Kako se u bazu podataka unose i vrednosti izmerenih doza zračenja kao i podaci o broju i vrsti izvršenih dijagnostičkih postupaka, iz baze podataka se direktno izračunava i u izveštaj unosi procena ozračivanja osoblja koja se upoređuje sa vrednostima koje daje lična dozimetrija. Zbog načina obrade kao i tipa primenjenih instrumenata za merenje jačine apsorbovane doze zračenja u vazduhu na propisanim mestima svim vrednostima se pridodaje znak "manje od <", što označava da izmerene i u izveštaju navedene vrednosti mogu biti manje ili jednake njima. Iz iste baze podataka izdaje se nalog osoblju za kontrolu izvora zračenja, pišu se propratna pisma koja slede uz izveštaje, nalog za naplatu usluga, spiskovi izvora zračenja koji se koriste u pojedinim mestima ili radnim organizacijama, spiskovi izvora zračenja sa dinamikom njihovog pregleda i mnogi drugi izveštaji i podaci.

Ukoliko se dobijeni podaci prevedu u program LOTUS 1,2,3 moguća je direktna numerička obrada podataka i crtanje grafikona.

ZAKLJUČAK

Odabrani programi za rad sa bazama podataka sigurno da nisu

najbolji u ovoj klasi ali iz iznetog primera zaključujemo da se mogu uspešno koristiti za obradu velikog broja podataka iz svih oblasti radiološke zaštite.

Postignuti dogovori na saveznom nivou treba da omoguće bržu obradu najvažnijih podataka o kontroli izvora zračenja i lične dozimetrije kao i mogućnost medjurepubličke razmene istih.

SUMMARY

APPLICATION OF PERSONAL COMPUTERS IN CONTROL OF RADIATION SOURCES

Personal computers found a wide use in many fields of radiation protection.

This paper presents only some of possibilities for statistical data processing on control of radiation sources and irradiation assessment of workers as well as giving final reports, informations, bills and other.

LITERATURA

1. Tomašević M., Radovanović R.: ALGORHYTHM FOR ASSESSMENT OF MEAN ANNUAL GONAD DOSE AND GENETICALLY SIGNIFICANT DOSE FROM THE DATA OF PERSONAL DOSIMETRY.
Hungarian - Austrian - Yugoslavian Health Physicist Meeting
Computer Aided Methods in Radiation Protection.
Budapest, Hungary, 22-25 October 1985.
2. Minevski Z., Tomašević M.: MOGUĆNOST PRIMENE PERSONALNOG RACUNARA ZA EVIDENCIJU I OBRADU PODATAKA LICNE DOZIMETRIJE.
XIII Jugoslovenski simpozij zaštite od zračenja.
Zbornik radova, str. 466-470, Pula, 10-13.06.1985.
3. Sl list SFRJ broj 40, 1986. godina.

DJELOVANJE ZRAČENJA NA FUNKCIJU ŽLIJEZDA SLINOVNICA

Simović S.¹, Bastaić Lj.², Voskresensky T.³ i Matković, V.⁴

¹ORL Klinika šalata u Zagrebu, ²ORL odjel bolnice "Dr Ozren Novosel" u Zagrebu, ³Dom zdravlja "Josip Adamić" u Ivanić-Gradu i ⁴Zavod za onkologiju i radioterapiju KBC "Rebro" u Zagrebu

UVOD

Rezultat zračenja žlijezda slinovnica eksperimentalno je istražen (1,2,3,4). Klinička slika zračenih žlijezda slinovnica opisana je od Masona (5). Počinje kao sindrom uz veću salivaciju, napetost i bolove nekoliko dana iza zračenja, a zatim iza te upalne faze prelazi u atrofiju i masnu degeneraciju žlijezde.

MATERIJAL I METODE

Naš materijal sastoji se od 38 bolesnika sa malignim tumorima u području glave i vrata, kod kojih su zračene i kontrolirane glandule Parotis, a bile su u polju zračenja. Druga kontrolna grupa sastoji se od 12 bolesnika sa nezračenim glandulama Parotis. U obje grupe postojali su identični maligni tumori, u obje su bolesnici kontrolirani pa zatim operirani, dok je žljezdano tkivo histološki pregledano. U grupi bolesnika sa zračenim glandulama Parotis bilo je 27 muških i 11 ženskih bolesnika, a u kontrolnoj grupi 8 muških i 4 žene. Starost ispitanika bila je između 42 do 74 godine. Kod svakog bolesnika bila je poznata točna lokalizacija tumora i metastaze na vratu kao i doza, veličina polja te vremenska duljina zračenja na glandulu Parotis.

Svi su bolesnici zračeni sa Cobalt 60 aparatom. Doza zračenja na glandulu Parotis kontrolirana je pomoću kristala litijum-florida. Dnevne doze kretale su se od 2-5 Gy. Zračene i nezračene žlijezde pregledavane su sijelografijom, scintigrafijom i sijalometrijom. Na taj način dobili smo volumen sekrecije žlijezde uz pH, elektrolite, bikarbonate, fosfate, te proteine.

Po dozi zračenja na glandulu Parotis podijelili smo bolesnike u dvije grupe zračenih: jedna u kojoj je bilo 6 bolesnika gdje je zračenje iznosilo 20-30 Gy i druga od 22 bolesnika koja je zračena sa 50-60 Gy. Operacija je bila izvršena u razmaku od 5 mjeseci do 3,5 godine iza zračenja, ovisno o vremenskom javljanju recidiva. Treću, kontrolnu grupu čini 12 bolesnika kod kojih je bila izvršena operacija glandule Parotis, s time da kod ovih bolesnika glandule Parotis prethodno nisu bile zračene. Kod svih bolesnika iz ove grupe prije operacije bila je ispitana funkcija žlijezda, a nakon operacije žlijezde su bile histološki pregledane.

REZULTATI

Nekoliko dana iza zračenja od 20-30 Gy došlo je do redukcije sekrecije glandule Parotis, a sijelografski, scintigrafski i histološki nije bilo vidljivih promjena u smislu oštećenja žlijezda slinovnica. Redukcija sekrecije iznosila je oko 55%. Uzrok je edem i upalna infiltracija intersticija, dakle toksična komponenta zračenja na žlijezdu (6). Kasnije je došlo do potpune reparacije tih procesa kod naših bolesnika, što je ustanovljeno opisanim metodama prije operacije koje su uslijedile od 6 mjeseci do 3,5 godine iza zračenja. Nakon oporavka funkcija glandule Parotis iznosila je oko 97% od svog normalnog kapaciteta.

Kod zračenja dozom od 50-60 Gy u ranoj fazi do 3 mjeseca iza zračenja histološki je pregledano 12 naših glandula Parotis. Nađena je upalna komponenta u intersticijumu, odvodnim kanalima i parenhimu. Redukcija sline iznosila je 85%. Parenhim se kasnije reducirao i zamjenio masnim tkivom tako da su žlijezde iza ove doze zračenja funkcionirale sa 35% od svog normalnog kapaciteta. To je dokazano sijelografski i scintigrafski.

DISKUSIJA

Zračenjem se žlijezdani parenhim glandule Parotis oštećuje. Samo se dio ovog parenhima uspije reparirati, ovisno o apsorbiranoj dozi zračenja: što je doza veća, to je mogućnost oporavka parenhima manja. Radioaktivnim izotopom Tc 99 koji ima dobar afinitet na glandulu Parotis vide se posljedice zračenja kao veće ili manje "hladne zone" u žlijezdi, ovisno o primljenoj dozi. Smanjuje se i obliterira kanalni sistem, dok je sekrecija žlijezde ireparabilno manja. Kao posljedica ovoga javlja se osjećaj trajne suhoće u ustima i pomanjkanje sline, što je velika poteškoća za bolesnika, usprkos trajnom izliječenju od malignog tumora. Javlja se također gubitak apetita, higijena usne šupljine postaje otežana, pojavljuje se karijes i konačno gubitak zubiju. Ove poteškoće su znatno manje kada je oštećena samo jedna glandula Parotis.

Budući da kod zračenja tumora glave i vrata zračimo sa dva i više polja, tako nastaju oštećenja žlijezda slinovnica koja mogu biti znatna, a njihova daljnja funkcija trajno smanjena.

ZAKLJUČAK

Liječnik onkolog-radioterapeut kao i otorinolaringolog mora poznavati komplikacije kod zračenja malignih tumora područja glave i vrata. Važna je što bolja zaštita žlijezda slinovnica i kod operacije i kod zračenja. Oštećenja mogu biti trajna, ovisno o dozi zračenja, a posljedice su gubitak sline, otežan govor i slabija higijena usne šupljine, što dovodi do prijevremenog gubitka zubiju.

LITERATURA

1. Dutta, T.J. et al.: Radiation effects on salivary gland of rabbit-functional and histological changes. Indian J. of Cancer 10 (1973) 212
2. English, J.A.: Long term observations of radiation changes in salivary glands and the general effects of 1000 R to 1750 R of X ray radiation locally administrated to the head of dogs. Journal of Dental Research 34 (1955) 1291
3. Philips. M.R.: X ray induced changes in function and structure of the rat parotid gland. J. Oral Surg. 28 (1970) 432
4. Santangelo, M.V. et al.: Radiation effects on mouse salivary glands. Journal of Dental Research 34 (1955) 1291
5. Mason, D.K., D.M. Chisholm: Salivary glands in health and disease. W.B. Saunders Company Ltd., London (1975)
6. Simović, S. und Mitarb.: Die Wirkung der Radiotherapie auf die Funktion der Ohrspeicheldrüse. Laryng. Rhinol. Otol. 66 (1987) 503

SUMMARY

Salivary glands can be definitely damaged by irradiation. The dose of irradiation up to 20-30 Gy enables the glands to recover completely in 97% of the cases and by doses of 50-60 Gy complete recovery comes in 35% of the cases. The damaged glands leave permanent consequence by decreased production of the saliva: cariotic teeth, disturbance of the speech and digestion.

RIZIKO ZA POTOMSTVO KOD BOLESNIKA LIJEČENIH ZRAČENJEM I KEMOTERAPIJOM

Voskresensky, T.
Dom zdravlja "Josip Adamić", Ivanić Grad

UVOD

Izliječenje malignih tumora zračenjem i kemoterapijom postavlja na liječnike nove probleme. Suvremenim metodama liječenja u onkologiji danas postižemo izliječenje i do 60% slučajeva malignih oboljenja, te nije rijetkost da se kod mladih bolesnika kasnije javlja želja za vlastitim potomstvom. Ovo pitanje u praksi se češće susreće kod ženskih nego kod muških bolesnika (1,2). Radi toga postaje važan pravilan stav o tom problemu, kao i dogovor između liječnika i bolesnika. U zadnjim se decenijama uz zračenje sve više primjenjuje i kemoterapija, koja također može ostaviti trajne štetne posljedice. Eventualne štetne posljedice na potomstvo moraju se bolesniku objasniti. U ovome radu praćeni su podaci bolesnika liječenih u posljednja dva desetljeća u Zavodu za kliničku onkologiju i radioterapiju KBC Rebro u Zagrebu koji su kasnije imali vlastitu djecu. Dobiveni podaci uspoređivani su i diskutirani sa podacima iz literature. Rad je izrađen u okviru postdiplomskog studija iz onkologije na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

MATERIJALI I METODE

Korišteni su podaci arhive Zavoda za kliničku onkologiju i radioterapiju KBC Rebro u Zagrebu koji se odnose na razdoblje od posljednja dva desetljeća. Registrirano je 8 slučajeva bolesnika liječenih od malignih tumora u ovome Zavodu u navedenom razdoblju koji su imali potomstvo nakon provedenog onkološkog liječenja (5 žena i 3 muškarca). Broj djece rođene od ovih bolesnika bio je ukupno 9. Jedna bolesnica imala je dva poroda.

U tablici 1 dan je prikaz promatrane grupe bolesnika s obzirom na vrstu malignih oboljenja od kojih su болоvali. Od ovih bolesnika troje je umrlo a petoro ih je živo.

TABLICA 1: Vrste malignih oboljenja kod bolesnika liječenih iradijacionom terapijom i kemo-terapijom koji su kasnije imali potomstvo.

	žene	Muškarci	Ukupno
Hodgkin i Non-Hodgkin limfomi	3	2	5
Koštani tumori	1	1	2
Tumori CNS-a	1	-	1
Ukupno	5	3	8

Svi bolesnici bili su liječeni tele-gama terapijom Cobalt 60 radioterapijskim aparatom. Doze zračenja gonada kretale su se kod žena od 0.01 do 8 Gy, a kod muškaraca od 0.01 do 6 Gy. Veličina doze mjerena je kod žena vaginalno, a kod muškaraca neposredno uz testise. Pojedinačne doze preračunavane su u ukupnu apliciranu dozu zračenja (3).

REZULTATI

Kod ispitivane grupe bolesnika nije utvrđeno postojanje medicinski relevantnih podataka u obiteljskoj anamnezi. Kod žena liječenih iradijacionom terapijom registrirana su 3 pobačaja. Kod 4 od 5 žena registriran je prijevremeni porođaj (7-10 dana prije termina). Kod svih 5 bolesnica nije bilo drugih poremećaja u toku trudnoće.

Od 9 živorođene djece bilo je 5 djevojčica i 4 dječaka. Jedno dijete umrlo je 4 mjeseca iza poroda od pneumonije. Kod 3 djeteta registrirana je pojava hernije, a kod jednog djeteta strabizam. Kod troje djece registrirano je nošenje naočala. Nije ustanovljena pojava malignog oboljenja niti kod jednog promatranog djeteta.

DISKUSIJA

U suvremenom liječenju malignih oboljenja evidentna je potreba dobrog poznavanja potencijalnih rizika za potomstvo bolesnika. Budući da podaci iz literature ukazuju na učestalost malformacija od 10% kod djece bolesnika tretiranih kemoterapijom, odnosno učestalost malformacija od čak 17.8% kod djece bolesnika tretiranih kombiniranom kemoterapijom i radioterapijom uz doze na gonade više od 2 Gy, preporučljivo je izvršiti pregled funkcije gonada jednu godinu iza provedenog zračenja ili kemoterapije (4,5). Smatra se da je kod doze veće od 1.5 Gy koju su primili testisi potrebno učiniti spermogram (6), pošto kod većih doza može doći do permanentne azospermije odnosno aspermije. Istu pretragu dobro je ponoviti nakon nekoliko godina (7,8). Kod naših bolesnica u 2 od 5 promatranih slučajeva aplicirane su na oba ovarija doze do 2 Gy, dok su kod 3 bolesnice ove doze iznosile između 2 i 5 Gy. Smatra se da su ovariji rezistentniji na zračenje od testisa (9,10,11).

U literaturi nalazimo učestalost većih malformacija kod potomaka roditelja liječenih kemoterapijom i/ili radioterapijom od 5.5% (12). Ove malformacije uključivale su uglavnom deformitete ekstremiteta i deformitete unutrašnjih organa. Manje malformacije opisane su sa učestalošću od 24%, a uključivale su hernije, prijevremene porode, strabizam i drugo. Kod bolesnika prikazanih u ovom radu nije bilo većih malformacija, dok su manje malformacije registrirane u troje djece. Ovakova učestalost manjih malformacija, kao i tip registriranih malformacija dobro se slaže sa učestalošću i sa tipom manjih malformacija opisanih u literaturi.

želja mladih bolesnika, koji su izliječeni od malignih tumor. metodom zračenja i kemoterapijom, za budućom vlastitom djecom opravdana je. Međutim, nepoželjno je imati djecu prije navršene 1 godine iza zračenja, pošto kroz to vrijeme dolazi do reparativnih promjena i oporavka spermiogeneze (2,13). Smatra se da je tolerancijska doza 1,5 Gy na testise i 3 Gy na ovarije, te da ove aplicirane doze slijedi riziko da od 1000 zračenih roditelja možemo očekivati između 6-12 djece sa trajnim oštećenjima kao posljedicu zračenja, i to u prvoj ili drugoj generaciji (12). Kod većih doza zračenja na gonade broj očekivano nakazne djece se bitno povećava, pa se nikako današnje medicinsko shvaćanje ne može suglasiti sa eventualnom željom budućih roditelja za potomstvom.

LITERATURA

1. Slanina, J., M. Wannenmacher, J. Spratler: Schwangerschaft und Kindesentwicklung nach Therapie des Morbus Hodgkin. Strahlentherapie 161 (1985), 558.
2. Fossa, S.D., B. Almaas, V. Jetne, T. Bjerkedal: Paternity after irradiation for testicular cancer. Acta Radiol. Oncol. 25 (1986), 33.
3. Konstantinović, M. i dr: Ozračenje gonada kod terapije bolesnika na telekobalt uređaju, IV Jugoslavenski simpozijum o radiološkoj zaštiti 86. Baško Polje 1969.
4. Muller, A.M.: Kinder zytostatisch und strahlentherapeutisch behandelte Patienten. Strahlentherapie 160 (1984), 205.
5. Holmes, G.E., E.F. Holmes: Pregnancy outcome of patients treated for Hodgkin disease. Cancer (Philad.) 41 (1978), 1317.
6. Greiner, R: Die Erholung der Spermatogenese nach fraktionierter, niedrig dosierter Bestrahlung der männlichen Gonaden. Strahlentherapie 158 (1982), 342.
7. Ash, P: The influence of radiation on fertility in man. Brit. J. Radiol. 53 (1980), 271.
8. Maguire, L.C.: Fertility and cancer therapy. Postgrad. Med. 65 (1979), 293.
9. Ray, G.R., H.W. Trueblood, L.P. Enright, H.S. Kaplan, T.S. Nelsen: Oophoropexy: a means of preserving ovarian function following pelvic megavoltage radiotherapy for Hodgkin's disease. Radiology 96 (1970), 175.
10. Le Floch, O., S.S. Donaldson, H.S. Kaplan: Pregnancy following oophoropexy and total nodal irradiation in women with Hodgkin's disease. Cancer (1976), 2263.

11. Thomas, P.R.M., D. Winstanly, M.J. Peckham, D.E. Austin: Reproductive and endocrine function in patients with Hodgkins disease: effects of oophorectomy and irradiation. Brit. J. cancer 33 (1976), 226.
12. Herrmann, E. et al. Kinder präkonzeptionell bestrahlter Eltern - eine Longitudinalstudie (Ergebnisse 1986), Strahlentherapie und Onkologie 164 Nr. 11: 629, 1988.
13. Pedric, T.J., R.T. Hoppe: Recovery of spermatogenesis following pelvic irradiation for Hodgkin's disease. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 12 (1986), 117.

SUMMARY

The desire of the young patients cured from a malignant disease to have their own children is understandable. The problem is whether the risk for having children with some kind of abnormality is too high. It has been established that doses higher than 2-3 Gy applied on the gonads increase remarkably the risk for genetic abnormalities. It is also of great importance to postpone conception at least two years after the irradiation and chemotherapy have been applied. This period enables spermiogenesis to recover completely.

UNIVERZITETSKO MEDICINSKI CENTAR
INSTITUT ZA RADIOLOGIJU I ONKOLOGIJU

S A R A J E V O

RIZIK MAMOGRAFIJE KOD POJAVE RAKA
DOJKE IZAZVANIH JONIZIRAJUĆIM ZRAČENJIMA

THE RISK OF MAMMOGRAPHY IN THE APPEARANCE
OF RADIATION-INDUCED BREAST CANCER

Mušanović M, Strinić S, Drljević A, Dresto B.

A b s t r a c - The occurrence of radiation- induced breast cancer has been analysed according to three epidemiologic studies: Japanese atomic bomb survivors, Massachusetts patients examined fluoroscopically and Rochester women irradiated for postpartum mastitis.

The risk from mammography has been extremelly small, because of the low radiation dose from current mammography. Linear model, the same as in high doses has been used for estimation of low-dose risk of radiogenic breast cancer.

U V O D - Iako je njemački patolog Solomon još 1913 godine izvršio prve rentgenološke pretrage dojke, tek je Gros-ovim pronalaskom "tehnike mekih zraka" mamografija napravila odlučujući napredak i stekla široku primjenu. Uspješnost mamografije se naročito očituje u ranoj dijagnostici raka dojke što najviše dolazi do izražaja kod preventivnih pregleda žena. Široka primjena mamografije je pokrenula pitanja faktora rizika jonizirajućeg zračenja, odnosno mogućnosti nastanka inducirano g raka dojke.

EPIDEMIOLOŠKE STUDIJE

Procjene o riziku nastanka raka dojke sa jonizirajućim zračenjima zasnivaju se na nekoliko dokumentovanih studija. (tabela 1.)

TABELA 1.: PREGLED DOSADAŠNJIH IZVJEŠTAJA O RADIOINDUCIRANIM KARCINOMIMA DOJKE

STUDIJA	BROJ OZRAČENIH ŽENA	CODINE KADA SU OZRAČENE (Srednja)	DOZE NA DOJKU (Srednja u radima)	PERIOD NAKON OZRAČENJA (u god.)	RELATIVNI RIZIK OBOLJENJA
Atomska bomba JAPAN	10.861	10+ (33)	76	10 - 29	1.7
Massachusetts - fluoroskopija -	1.047	5-55(25)	150	10 - 44	1.8
Rochester - mastitis -	606	15-44(27)	247	10 - 34	2.2
Švedska -radioterapija-	1.115	10 + (38)	483	0 - 42	3.1
Nova škotska -fluoroskopija -	243	0 - 60(26)	1215	10 - 30	10.5

* Podaci (Borze)

Jedna od njih je Life Span Study koja je obuhvatila preko 63.000 žena koje su preživjele atomsko bombardovanje japanskih gradova Hirošime i Nagasakija. U grupi žena koje su po procjenama primile veće doze od 10 rada/prosječno 76 rada/ na dojku zapažen je veći morbiditet raka dojke nego kod ostalih koje su primile 0- 10 rada. Kod onih žena koje su primile 90 ili više rada na cijelo tijelo je zaočekivati da će incidencija raka dojke biti povećana za 2-4 puta. (Wanebo).

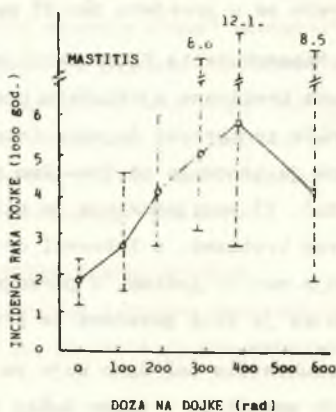
Tamplin i Gofman procjenjuju sa svako povećanje doze zračenja od 20-50 rada udvostručava incidenciju. Interval od zračenja do pojave induciranog raka dojke je dug i kreće se u prcsjeku oko 15 godina.

Druga značajna studija - Massachusetts fluoroskopija se odnosi na 1047 žena koje su radi tbc. pluća tretirane vještačkim pneumotorakom i u dužem vremenskom periodu bile rentgenski dijaskopirane procječno 150 puta. Ukupna doza na grudni koš je iznosila od 900-1200 rada, a na dojku 150 rada (1,5 rad po pregledu). 77 pacijentkinja je bilo starosne dobi od 15 35 godine u vrijeme prvog tretmana, a interval do pojave induciranih kancera iznosio je i ovdje oko 15 godina. U poredjenju sa kontrolnom grupom incidencija raka dojke je bila povećana za preko 2 puta.

Rochesterska studija je obuhvatila 606 žena koje su zračene na rentgen terapiji radi postpartalnih mastitisa i nakon dužeg latentnog perioda 36 ih je oboljelo od raka dojke za razliku od kontrolne grupe od 993 neiradiranih žena gdje je bilo 32 karcinoma. Prcsječna kumulativna doza na dojku je iznosila 377 rada, odnosno 247 rada po pacijentu.

Rezultati ovih studija uključujući i Švedsku (radioterapija benignih promjena na dojka) i rezultate fluoroskopija u Novoj Škotskoj su pokazali da primjena visokih doza zračenja na dojke može dovesti do pojave raka. Medjutim ostaje otvoreno pitanje mogu li se iskustva ovih studija primjeniti i na pojavu induciranih karcinoma sa malim dozama zračenja? Teško je odgovoriti na ovo jer je: a) samo mali dio populacije bio izložen malim dozama, pa je procjena rizika nepouzdana b) većina žena su bile mlade od 35 godina, pa je procjena rizika oboljevanja starijih žena čije su dojke rezistentnije na zračenje nemoguća. c) preživjele japanske žene primile su pojedinačno velike doze zračenja za razliku od muliplih malih doza kojima su pacijenti podvrgnuti u toku dijagnostičkih procedura d) dio populacije je ozračen neutronima kod kojih je RBE veći od rtg. zračenja e) dojke žena koje su zračene radi postpartabilnih mastitisa su fiziološki potpuno različite nego kod ostalih pacijentica. Medjutim postoji i dosta zajedničkog u rezultatima ovih studija: a) Kod svih dobnih grupa postoji rizik radijacione karcinogeneze a veći je ako je ozračenje usljedilo u doba adolescencije.

b) Latentni period iznosi najmanje 10 godina, a period povećanog rizika proteže se do kraja života. c) Krivulje koje prikazuju odnos doze i reakcije tkiva karakteriše linearnost. (Tabela 2.)



Podaci (Feig)

Prihvatajući linearni model Američka akademija nauka i Nacionalni institut za rak su prihvatili mogućnost radijacione karcinogeneze dojke sa malim dozama. Ukoliko bi milion žena ispod 35 godina starosti primile po 1 rad na dojku godišnje trebalo bi očekivati 7,5 induciranih karcinoma godišnje nakon latentnog perioda. Kod žena iznad 35 godina ovaj broj bi bio prepolovaljen odnosno 3,5. Svako povećanje doze bi povećavalo broj oboljelih.

RIZIK MAMOGRAFIJE - Iako nepostoje dokazi da male doze zračenja mogu prouzrokovati rak dojke treba prihvatiti gledišta fizičara da su iste potencijalno kancerogene. Analizirajući sistematske preglede žena u SAD u protekle dvije decenije (HIP, BCDDP) Bailar i Ellis su skrenuli pažnju na visoke doze zračenja kod mamografije, te su preporučili 2 rada na dojku kao gornju granicu. Korištenje filmova sa vakumski pakovanom folijom i rijetkim zemljama znatno je smanjilo doze zračenja i u današnje vrijeme one iznose od 0,1 - 0,8 rada (srednja doza na žljezdano tkivo i dvije projekcije). Rizik induciranih kancera kompariranih sa prirodnom incidencijom pokazuje tabela 3.

TABELA 3.: KOMPARACIJA RIZIKA NASTANKA RAKA DOJKE RADIJACIJOM
SA NJEGOVOM PRIRODNOM INCIDENCIJOM

GODINE OZRAČENJA (0,1 rad)	RADIOINDUCIRANI KARCINOMI DOJKE (Rizik oboljevanja na 1.000.000 žena)	PRIRODNA INCIDEN- CIJA RAKA DOJKE na 1.000.000 žena
40	10	800
45	9	1400
50	7	1800
55	6	2050
60	4	2400
65	3	2700
70	2	2950

+ Podaci (Seidman i Muchinski)

U cilju poboljšanja dijagnostike i smanjenja zračenja WHO je preporučila da se prilikom mamografije koristi samo jedna projekcija uz što manji fokus na cijevi, veća kompresija, veća fokus-film distanca, fototajmer za obezbjeđenje standardne ekspozicije. Pri tome je neophodan timski rad i uska saradnja sa radifizičarima.

S a ž e t a k - Analizirane su pojave raka dojke nastale dejstvom jonizirajućeg zračenja na temelju 3 epidemiološke studije: atomskog bombardovanja Japana, fluoroskopiranih pacijentica iz Masačusetsa i žena iz Ročestera zračenih radi postpartalnih mastitisa. Zahvaljujući primjeni specijalnih filmova današnje doze zračenja u mamografiji su male (0,1 - 0,8 rad) pa je i rizik mamografija mali. Kod procjene faktora rizika malih doza koje bi mogle dovesti do pojave induciranog raka dojke koristi se linearni model kao i kod visokih doza.

ADRESA AUTORA: Doc.dr Mirza Mušanović

Institut za radiologiju i
onkologiju UMC-a, Sarajevo

Ul. Moše Pijade br. 25

L I T E R A T U R A

1. Bailar JC: Mammography - a time for caution JAMA; 1977;10:237.
2. Bailar JC.: Screening for early breast cancer: Pros and cons Cancer 1977;39:2783-2795.
3. Boag JW, Stacey A, Davis R.:Radiation exposure to the patient in xeroradiography. Br Radiol 1976;49:253-261.
4. Boice JD, Land C, Shore R, Norman J.Tokunaga: Risk of breast cancer following low dose radiation exposure Radiology 1979; 131:589-597.
5. Feig S.A.: Radiation risk from mammography:is it clinically significant. AJR 1984; 143:469-475.
6. Hender WR, Kellie S.: Mammographic screening in women 40-49 years orl AJR 1988; 151:683-684.
7. Land CH.E.: Low dose radiation - A cause of breast cancer. Cancer 1980; 46:867-873.
8. Lester R.G.: Risk versus benefit in mammography.Radiology 1977; 124:1-6.
9. Miller A.B., Tsechkovski M: Imaging technologies in breast cancer control: Sumaiary of a report of a who meeting. AJR 1987;148:1093-1094.
10. Nathan B.E., Price J.: Radiology now. Screening for breast cancer Br. J.Radiol 1976; 49:817-819.
11. Rothenberg L.N, Kirch R, Snyder R.: Patient exposures from film and xeroradiographic mammographic techniques.Radiology 1975;117:701-703.
12. Stanton L., Villafana T, Day Lightfoot: Dosage evaluation in mammography radiology 1984; 150: 577-584.

R.NIKOLIĆ,Zdravstveni dom Škofja Loka

OBIM PREVENTIVNIH ZDRAVSTVENIH PREGLEDA I OCENA ZDRAVSTVENOG
STANJA RUDARA RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH KOD ŠKOFJE LOKE

REZIME:Prikazan je minimalan obim pregleda kod jamskih radnika u rudniku urana(s ovlašćenjem lekara da prema potrebi taj obim raširi),kao i ocena zdravstvenog stanja radnika sa najmanje petogodišnjim stažom u jami,u poređenju sa opštim zdravstvenim stanjem radnika druge radne organizacije,takode sa najmanje petogodišnjim radnim stažom ali bez ikakvih štetnosti koje su karakteristične za rudare rudnika urana.

UVOD:Obzirom na posebne štetnosti kojima su izloženi rudari rudnika urana,a koje nisu vezane isključivo za jonizujuća zračenja, i obim zdravstvenih pregleda prilagoden je datim uslovima,kako predhodni,tako i periodični.Poredprecizne anamneze i detaljnog kliničkog pregleda predhodni pregled obuhvata još i sledeće obavezne preglede:Rtg p/c (35 x 40 cm),EKG,ADG,malu spirometriju(po potrebi veliku),pregled optičkih medija,psihološki pregled i laboratorijski pregled,koji je širi od rutinskog i sadrži,osim standardnog hemograma i urinskog pregleda,još i obavezno DKS,ŠUK, kompletan hepatogram,ureu,kreatinin i mokraćnu kiselinu,holesterol i trigliceride.Po potrebi se i taj obim raširi,a eventualno se koriste i usluge specijalista drugih struka.Periodični pregledi obavezni su jednom godišnje,a za članove spasilačke ekipe dva puta godišnje;kod ovih se jednom godišnje obavi kompletan pregled sa svim dodatnim koji su karakteristični za štetnosti u vezi sa njihovim osnovnim zanimanjem(učešće u spasilačkoj ekipi je njihova dodatna i dobrovoljna obaveza,pored redovnog posla), a na pola godine,pored kliničkog pregleda još i EKG,spirometrija i laboratorijski pregled,po potrebi i kontrola nalaza koji event.prilikom ranijeg pregleda nisu bili sasvim u redu.Preglede na binuklearne limfocite nismo vršili a preglede na hromozomske aberacije samo kod manjeg broja rudara,i to samo kod onih kod kojih je merenjem ustanovljeno da su dobili nešto veću dozu zračenja od ostalih,iako niko nije dobio ni približno maksimalno dozvoljenu dozu;ove preglede za RUŽV obavio je Laboratorij za mutagenezu Instituta za medicinska istraživanja iz Zagreba,i svi nalazi su bili u granicama normale.Binuklearne limfocite i hromo-

zomske aberacije nismo češće tražili obzirom na veoma visoku cenu pregleda ali i nespecifičnost nalaza uzimajući u obzir doze i vrste zračenja. Pored pomenutih pregleda, uveli smo kao obavezan pregled za rudare koji su deset i više godina u jami, i citološki pregled sputuma, i to kod svakog po tri sputuma dva puta godišnje; ove preglede za RUŽV redovno obavlja Univerzitetni inštitut za pljučne bolesti in tuberkulozo Golnik. Maligne ćelije nisu nađene, ali bilo je sumnjivih nalaza koji su upozoravali na veću opreznost prilikom daljeg praćenja zdravstvenog stanja i radnih uslova radnika; kao takve računamo nalaz eozinofilnih granulocita, atipičnih metaplastičnih ćelija, pokoju kornificiranu ćeliju... Osim zaista retkih izuzetaka, ovakve ćelije dobijamo uglavnom kod rudara-pušača. Kod starijih rudara, pretežno kod pušača, uz pomoć profesora sa ORL klinike UKC iz Ljubljane obavili smo i preglede glasnih žica, s ciljem direktnih intervencija u slučaju promena a ne u "naučne svrhe".

METODI I REZULTATI: Analiza obuhvata 110 rudara RUŽV, a to je ukupan broj jamskih radnika koji su na kraju 1987.g. bili u službi, a imali su pet ili više godina rada u jami RUŽV (mlađi, kojih je znatno više, tom prilikom nisu uzeti u obzir za analizu). Kao komparativna grupa uzeti su radnici koji su zaposleni najmanje pet godina u LTH (Loške tovarne hladilnikov) i to na poslovima u ugodnijim mikroklimatskim uslovima, uglavnom na montaži i uzdržavanju rashladnih uređaja.

Analizirano je više parametara, a ovde će biti prikazani samo neki: ukupno bolovanje (bez obzira na uzroke) u toku pet godina (1983-87.), starosne grupe, težina oštećenja sluha, slabe navike, pre svega pušenje. Svi obrađeni parametri ovde nisu užešeni, ili zato što statistički nisu značajni, ili što nisu komparabilni jer je obim pregleda različit (neki pregledi, koji su za RUŽV obavezni, za LTH se uopšte ne vrše); pored toga i ograničenost prostora zahteva konciznost. Podaci o zdravstvenom stanju uzeti su iz preventivne zdravstvene kartoteke a o bolovanjima iz računskih centara RUŽV i LTH. Pošto je kao kontrolna grupa uzet približno jednak broj radnika LTH, rezultati su direktno konfrontirani bez posebnog testiranja statističke značajnosti jer su očigledni, a u pojedinim tabelama broj tretiranih je nešto manji tamo gde ne postoji traženi podatak (važi za LTH).

Tabela 1.

BOLOVANJA U TOKU PET GODINA (1983.- 1987.)

R.org. Bol.	RUŽV (N=110)	LTH (N=102)
UKUPNO (u danima)	4376	5274
PROSEČNO PO RADNIKU	39,78	51,70
BEZ BOLOVANJA TOKOM PET GOD.	31 radnik (28,18%)	11 radnika (10,78%)

Tabela 2.1.

STAROSNE GRUPE

		I RUŽV (N=110)				
Razred	x	f	fx	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$f(x-\bar{x})^2$
20-24	22	0	0	0	0	0
25-29	27	19	513	-10,04	100,8016	1915,2304
30-34	32	31	992	-5,04	25,4016	787,4496
35-39	37	22	814	-0,04	0,0016	0,0352
40-44	42	17	714	4,96	24,6016	418,2272
45-49	47	14	658	9,96	99,2016	1388,8224
50-54	52	4	204	14,96	223,8016	895,2064
55-59	57	2	114	19,96	398,4016	796,8032
60-64	62	1	62	24,96	623,0016	623,0016

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{4075}{110}$$

$$\bar{x} = 37,04$$

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum f(x-\bar{x})^2}{N}}$$

$$s = \pm \sqrt{\frac{6824,776}{110}}$$

$$s = \pm \sqrt{62,043418}$$

$$s = 7,8767644$$

Tabela 2.2.

STAROSNE GRUPE

II LTH (N= 106)

Razred	x	f	fx	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$f(x-\bar{x})^2$
20-24	22	4	88	-17,45	304,5025	1218,01
25-29	27	20	540	-12,45	155,0025	3100,05
30-34	32	18	576	-7,45	55,5025	999,045
35-39	37	18	666	-2,45	6,0025	108,045
40-44	42	9	378	2,55	6,5025	58,5225
45-49	47	10	470	7,55	57,0025	570,025
50-54	52	17	884	12,55	157,5025	2677,5425
55-59	57	8	456	17,55	308,0025	2464,02
60-64	62	2	124	22,55	508,2025	1016,405

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{4182}{106}$$

$$\bar{x} = 39,45$$

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum f(x-\bar{x})^2}{N}}$$

$$s = \pm \sqrt{\frac{12211,665}{106}}$$

$$s = \pm \sqrt{115,20438}$$

$$s = 10,737056$$

Tabela 3.

OŠTEČENJA SLUHA

R.org. stepen oštećenja	RUŽV (N=110)	LTH (N=106)
Bez oštećenja	20 (18,18%)	32 (30,19%)
Početno ošteć.	26 (23,64%)	19 (17,92%)
Ošteć.lakšeg st.	32 (29,09%)	26 (24,53%)
Ošteć.srednj.st.	26 (23,64%)	25 (23,58%)
Ošteć.težeg step.	6 (5,45%)	4 (3,77%)

Tabela 4.

PUŠENJE

R.org. Br.c.	RUŽV (N= 110)	LTH (N = 106)
Ne puši	66 (60%)	51 (48,11%)
Puši do 10 cig.	16 (14,54%)	11 (10,37%)
Puši do 20 cig.	22 (20%)	34 (32,07%)
Puši do 30 cig.	6 (5,45%)	10 (9,43%)

DISKUSIJA:Već i samo letimičan pogled na nekoliko prikazanih pokazatelja zdravlja u rudara RUŽV govori u prilog činjenici da uz striktnu primenu propisanih mera za zaštitu na radu,zdravlje pomenutih rudara nije ugroženije nego u radnika drugih radnih organizacija. Manje korišćenje bolovanja posledica je i strože selekcije pri zapošljavanju,striktnog izvođenja mera zaštite na radu,korišćenja najsavremenije tehnologije,a nije zanemarljiv ni finansijski efekt. Starosna struktura rudara je povoljnija i kompaktnija (zato je i standardna devijacija manja)zbog činjenice da u jami RUŽV ne može raditi rudar koji je mlađi od 21 godine,a zbog benefikacije radnog staža odlaze mlađi u penziju.

Oštećenja sluha su nešto češća i veća u rudara RUŽV ne samo iz razloga što je buka pri radu veća od kritične, jer trenutno se koriste najsavremenija sredstva za zaštitu sluha,nego prvenstveno zbog činjenice da se radi o rudarima sa dužim stažom u težim uslovima rada,sa starijom tehnologijom i slabijom zaštitom,a neki su već radili i u drugim rudnicima.

Pušenje je kod rudara manje nego kod drugih radnika najviše zbog veće aktivnosti u smislu zdravstvenog vaspitanja,kako bi se smanjilo sinergistično delovanje alfa-zračenja,silicijum-dioksida i pušenja na disajne organe.Propisima je zabranjeno pušenje u jami iako se ne radi o metanskoj jami,ali se represivne mere praktično ne izvode jer se pokazao izraziti trend smanjenja pušenja i upornim ubeđivanjem uz ostale mere zdravstvene edukacije.

ABSTRACT: In this paper we are presenting you a range of minimum medical inspections as well as estimation of general health conditions of uranium miners working at Rudnik urana Žirovski vrh. We compare their general health with the health of control group.

5. Sekcija
DOZIMetriJA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

STANDARDNI TEST PROGRAM S TL DOZIMETRIMA ZA MJERENJE NISKIH DOZA

Ranogajec-Komor M., Vekić B., Čukman M., Dvornik I.
Institut "Ruder Bošković", Zagreb

Sažetak: Niske doze zračenja koje se očekuju prilikom mjerenja doza u okolini uvjetuju postavljanje specifičnih zahtjeva pred dozimetrijski sistem. Da bi postigli zadovoljavajuću točnost kod takvih mjerenja svi izabrani TL dozimetri (LiF:Mg,Ti; TLD-700; CaF₂:Mn; MgB₄O₇:Dy; i Al₂O₃:Y,Mg) su testirani prema standardnom test programu.

UVOD

Termoluminescentni čitač, TL dozimetar, način evaluiranja i predhistorija detektora određuju dozimetrijska svojstva dozimetrijskog sistema. Širom svijeta, pa tako i u Jugoslaviji koriste se različiti komercijalni TL čitači i dozimetri, te je potrebna jedinstvena (standardna) metoda za upoređivanja tih sistema. U Jugoslaviji ne postoji standardizacija TL dozimetrijskih metoda, a također nije ostvarena nijedna organizirana interkomparacija između laboratorija, koji koriste TL dozimetre, bilo u ličnoj dozimetriji, u monitoringu okoliša, ili za potrebe kliničke dozimetrije.

Mjerenja doza u okolišu postavlja posebne zahtjeve pred TL sistem. Sistem mora biti podoban za mjerenja doza od 0.05–0.1 mGy uzrokovanih od čovjeka, u prisustvu do desetak puta većih prirodnih doza zračenja. Greška mjerenja može pritom biti do 30%.

U ovom radu prikazujemo rezultate jednog standardnog test programa, kojeg su predložili Piesch i Burgkhardt¹, a program su dosad testirali na 47 različitih TL dozimetrijskih sistema.

MATERIJAL I METODE

Svi TL dozimetri kalibrirani su pomoću ¹³⁷Cs-gama izvora na mjestu gdje je brzina doze bila 1.01mGy/sat. Dozimetri su tokom ozračivanja bili smješteni u plastične držače debljine 3 mm, s ciljem da im se osigura elektronska ravnoteža. Držači su dodatno bili upakirani u tamnom PVC materijalu, da bi se zaštitili od ekspozicije svijetla.

Korišteni dozimetri, njihova svojstva, način očitavanja i termičkog napuštanja sumirani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Svojstva TL dozimetara i parametri evaluacija

Detektor	LiF	TLD-700	CaF ₂	MgB ₄ O ₇	Al ₂ O ₃
Aktivator	Mg, Ti		Mn	Dy	Mg, Y
Proizvođač*	INP	Harshaw	IJS	IBK	III
Debljine (mm)	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9
<i>Napuštanje:</i>					
T _{max} (°C/vrijeme)	400/1h	400/1h	400/1h	300/30s	600/1h
T _{min} (°C/vrijeme)	100/2h	100/2h	100/1h	-	100/2h
<i>Vanjsko predgrijanje</i>					
T °C/vrijeme (min)	100/20	100/20	100/20	100/20	100/20
<i>Očitavanje:</i>					
<i>predgrijanje</i>					
T _{max} (°C/vrijeme)	100/6s	100/6s	100/6s	100/6s	100/6s
<i>grijanje</i>					
T _{max} (°C/vrijeme)	300/25s	300/25s	310/32s	240/22s	290/30s

* **INP:** Institut za nuklearnu fiziku, Krakow; **IJS:** Institut "Jožef Stefan", Ljubljana; **IBK:** Institut "Boris Kidrič", Beograd; **III:** Institut za istraživanja izotopa, Budimpešta

REZULTATI I DISKUSIJA

Dozimetrijska svojstva sistema za mjerenja niskih doze, koje se očekuju u monitoringu okoline, određena su ne samo TL materijalom i čitačem, nego i predhistorijom dozimetra, kao što su termička napuštanja, ranije doze ozračenja i sama tehnika mjerenja. Karakterizacije nekoliko TL dozimetrijskih sistema za korištenje u različite svrhe opisane su u našim ranijim publikacijama²⁻⁴. Cilj sadašnjih istraživanja je odrediti podobnost navadenih TL dozimetara namijenjenih za mjerenje doza u okolini, i utvrđivanje točnosti našeg mjernog sistema.

Najvažniji rezultati sumirani su u Tabeli 2. Prema zahtjevima standardnog test programa mjerenja su uvijek vršena sa 10 TL dozimetara. Za određivanje dugoročne stabilnosti, mjerni ciklusi su ponavljani pet puta.

Rezultati u Tabeli 2 uporedivi su sa rezultatima iz literature^{4,5}, ali postoji mogućnost da se postigne i bolja dugoročna stabilizacija za

Tabela 2. Rezultati standardnog test programa

Parametar	Simbol	Jedinica	Detektor				
			LiF	TLD-700	CaF ₂	MgB ₄ O ₇	Al ₂ O ₃
Tamna struja	α_0	μGy	9.6	12.4	2.1	13.3	19.6
	s_0	%	2.0	2.2	6.5	2.5	4.6
	$\Delta\text{max}/2\alpha_0$	%	1.82	2.0	8.6	2.7	6.2
Nulta vrijednost	α_u	μGy	17.7	17.2	7.2	67	81
	s_u	%	34	10	16	27	32
	$\Delta\text{max}/2\alpha_u$	%	54	15	28	38	50
Najniže moguće očitavanje	D_{MIN}	μGy	0.35	0.45	0.04	0.15	0.31
Najniža detektirana doza	D_{LDL}	μGy	18.1	5.1	3.3	54.9	79
Devijacija osjetljivosti detektora	s	%	3.7	3.3	3.4	13.9	23.2
Reproducibilnost							
Rel standardna dev. kod 2.02 mGy	$(s/D) \times 100$	%	1.5	1.8	2.0	1.3	6.5
Dugoročna stabilnost u pet uzastopnih mjernih ciklusa							
Izvor svjetlosti	s	%	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7
Tamna struja	s	%	39	39	63	40	16
Referentna doza	s	%	6.3	4.8	4.1	6.4	9.3
Nulta vrijednost	s	%	57	33	37	29	70

Simboli u Tabeli 2 su slijedeći: α —srednje vrijednost 10 mjerenja; s —standardna devijacija; Δmax —maksimalna razlika; D_{MIN} —čitavanje za jednu podjelu na skali u jedinicama doze; D_{LDL} —3s vrijednosti od čitanja nulte doze 10 dozimetara nakon oduzimanja tamne struje

referentnu dozu, koja je u ovom slučaju 2.02 mGy, t.j. doza koju smo koristili za kalibraciju u rutinskim mjerenjima. Tehnika ozračivanja i termičkog napuštanja utječe na reproducibilnost referentne doze. Naš novi ¹³⁷Cs izvor i nekoliko tehničkih izmjena u procesu termičkog napuštanja omogućili su da dobijemo bolji reproducibilnost kod LiF:Mg,Ti i CaF₂:Mn dozimetara u odnosu na ranija istraživanja⁵. Osim reproducibilnosti referentne doze drugi najvažniji parametar za određivanje točnosti za mjerenja niskih doza je vrijednost "nulte doze"⁶. Na osnovu ovih ali i ostalih parametara iz Tabele 2. možemo zaključiti da su za mjerenje doza u okolini najpodobniji TLD-700 i CaF₂:Mn dozimetri, dok LiF:Mg,Ti i MgB₄O₇:Dy zadovoljavaju zahtjeve lične i kliničke dozimetrije (doze veće od 50–100 μGy), dok je Al₂O₃:Mg,Y pogodan za mjerenja akcidentalnih doza.

ABSTRACT

STANDARD TEST PROGRAMME WITH TL DOSIMETERS FOR LOW DOSE MEASUREMENTS

Very low doses expected in environmental monitoring introduce specific requirements for the applied TL system. Therefore performance test was carried out with LiF:Mg,Ti (produced by Institute of Nuclear Physics, Poland), TLD-700 (produced by Harshaw), CaF₂:Mn (produced by "Jožef Stefan" Institute, Yugoslavia), MgB₄O₇:Dy (produced by "Boris Kidrič" Institute, Yugoslavia) and Al₂O₃:Mg, Y (produced by Institut for Isotopes, Hungary) dosimeters. The TL characteristics of TLD-700 and CaF₂:Mn satisfied the requirements of the standard test programme for environmental monitoring. LiF:Mg,Ti and MgB₄O₇:Dy detectors are suitable in personal dosimetry, while Al₂O₃:Mg, Y dosimeters are suitable only for measuring accidental doses.

LITERATURA

1. **Piesch E., Burgkhardt B.:** Environmental monitoring. European interlaboratory test programme for integrating dosimeter systems. Commission of European Communities, EUR 8932 EN, 1984.
2. **Ranogajec-Komor M., Szabo P.P., Vekić B., Dvornik I.:** Characteristics of some TLDs for low dose measurements. Proc. 11th Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983, p.183
3. **Ranogajec-Komor M., Osvay M.:** Dosimetric Characteristics of Different TL Phosphors. Radiat. Prot. Dosim. **17**, 379, 1986
4. **Ranogajec-Komor M., Vekić B., Dvornik I.:** Comparison of Some TLDs for Low Dose Clinical Measurements, Proc of a Technical Committee Meeting, Vienna, 1985. IAEA-TECDOC **402**, 239, 1987
5. **Ranogajec-Komor M., Vekić B., Korenika Dž., Dvornik I., Burgkhardt B., Piesch E.:** Standard Test Programme and Environmental Monitoring with TL Dosimeters, Proc. 2nd Yugoslav-Italian Symposium on Rad. Prot., 22-24 June 1988, Udine, in press
6. **Busuoli G.:** Precision and accuracy of TLD measurements. In Applied Thermoluminescence Dosimetry, Oberhofer M. and Scharmann A., Eds. Adam Hilger, Bristol, 1981. p.143

MONTE CARLO PRORAČUN SPEKTRA TRANSMITOVANIH FOTONA ZAKOČNOG ZRAČENJA

T. Jevremović, ENERGOPROJEKT, OOUR TN, Bulevar Lenjina 12, Beograd
Dr F. Boreli, ETF, Bulevar Revolucije 73, Beograd
Mr V. Spasić, Savezni zavod za mere i dragocene metale, Mike Alasa 14, Beograd

1. UVOD

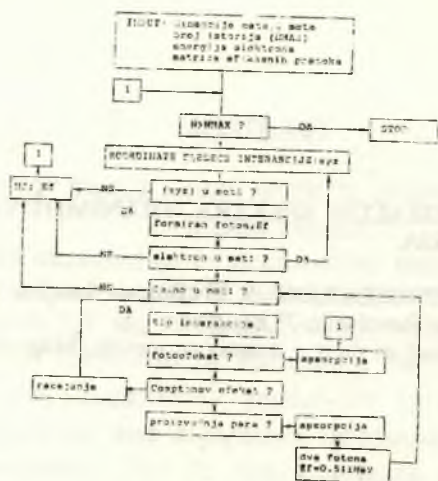
Za potrebe izračunavanja energetske raspodele spektra fotona zakočnog zračenja koji su transmitovani kroz tanku metu, razvijen je numerički program BREMS, na bazi Monte Carlo metode. Direktna primena ovog izračunavanja jeste upoređivanje, a time i predviđanje energetske raspodele transmitovanih fotona u slučaju terapeutskih i dijagnostičkih primena akceleratorskih elektrona. U ovoj fazi izrade programa, nije se raspolagalo merenim spektrom, ali je izlazni rezultat po svom obliku i amplitudi upoređen sa očekivanim vrednostima za slične geometrijske i fizičke uslove.

2. OPIS SIMULACIJE

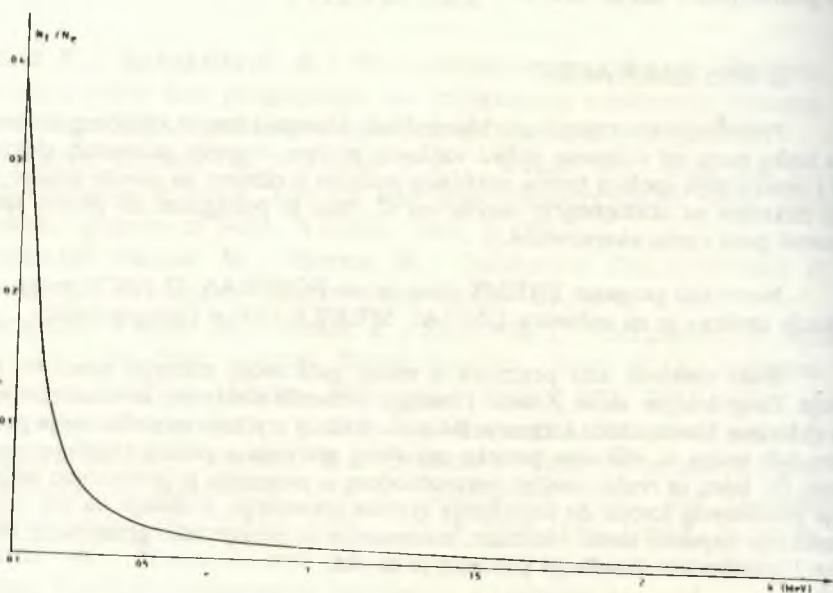
Prikazani primer simulacije Monte Carlo kreiranja fotona zakočnog zračenja, odnosi se na tanku metu od volframa oblika valjkaste pločice, energije primarnih elektrona od 8 MeV i usmeravanja spektra fotona zakočnog zračenja u odnosu na upadni pravac primarnog snopa elektrona sa odstupanjem najviše od 3° , čime je postignuto da proces simulacije u potpunosti prati realni eksperiment.

Numerički program BREMS pisan je na FORTRAN 77 ASCII jeziku, a njegova egzekucija izvršena je na računaru UNIVAC SPERRY 1100 u Energoprojektu.

Svaki elektron koji penetrira u metu, gubi svoju energiju samo na radijativno zračenje. Zbog debljine mete, Z mete i energije polaznih elektrona, zanemareno je kreiranje delta elektrona. Verovatnoća kreiranja fotona zakočnog zračenja modelovana je preko Bethe-Heitler-ovih izraza za efikasne preseke zakočnog zračenja a prema klasičnom radu Kocha i Motza, /3/. Iako, sa realno malom verovatnoćom, u programu je predviđeno dalje praćenje energije generisanog fotona do napuštanja granica geometrije, u slučaju da isti, već pri svom nastanku nije napustio metu. Međutim, zanemarene su istorije tako generisanih sekundarnih čestica. Uprošćen tok simulacije prikazan je na sl.1.



Sl.1. Opšti tok BREMS simulacije



Sl.2. Raspodela broja fotona od energije za $Z=78$ i energiju elektrona 8 MeV

3. REZULTATI BREMS PRORAČUNA

Za opisane uslove geometrije i spektra polaznog snopa elektrona, realizovana je simulacija za 10^3 i za 10^4 primarnih istorija. Na sl.2. prikazana je raspodela broja kreiranih fotona zakočnog zračenja normirana na ukupan broj inicijalizovanih 10^3 početnih istorija simulacije u funkciji energije fotona. Raspodela pokazuje eksponencijalnu zavisnost i očekivani veći broj kreiranih fotona sa energijom manjom od 0.1MeV. Na sl.3. prikazana je raspodela spektra transmitovanih fotona zakočnog zračenja za početnih 10^4 istorija u funkciji energije kreiranih fotona. Raspodela pored svog očekivanog oblika, pokazuje u poređenju sa raspodelom sa sl.2., manje "rasturanje" spektra za veće energije fotona. Razlog je veći početni broj istorija čime se postiže manja nepouzdanost rezultata.

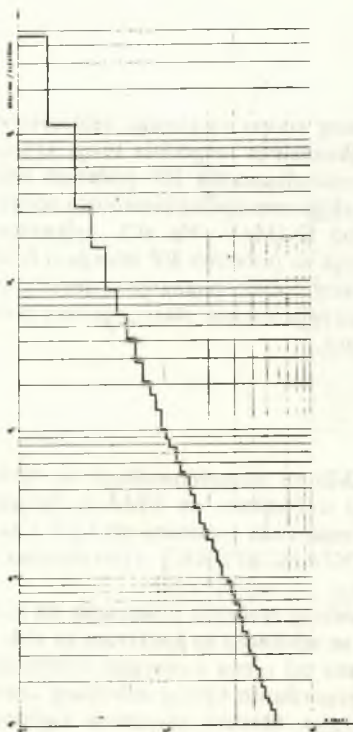
4. ZAKLJUČAK

Uslovi simulacije numeričkim paketom BREMS su komplementarni sa realnom geometrijom akcelerator-meta-kolimator koja se nalazi u Institutu na VMA u Beogradu. Program je inicijalizovan za 10^4 istorija, pri čemu je vreme rada računara 4h i 57' i za 10^3 istorija sa vremenom rada računara od svega 25', na UNIVAC SPERRY 1100 sistemu.

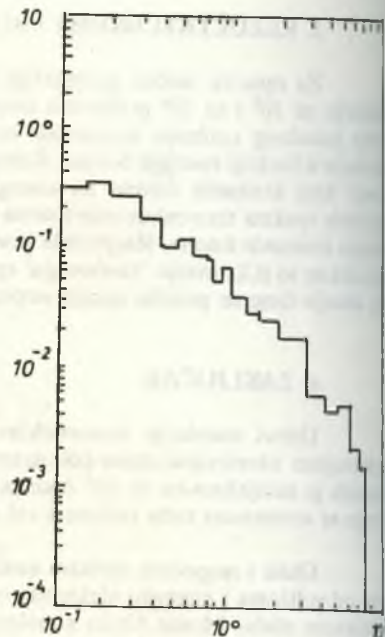
Oblik i raspodela spektra energija fotona zakočnog zračenja prikazanih na sl.3. za metu od volframa i energiju elektrona od 8MeV, može se uporediti sa spektrom sa sl.4., gde je prikazan slučaj Monte Carlo simulacije za tanku metu od olova i energiju elektrona od 8MeV, /2/. U oba ova slučaja uočava se da je većina generisanih fotona zakočnog zračenja, kao što je i očekivano, u donjem delu spektra energija. Ovakva raspodela saglasna je kvantno-mehaničkoj postavci teorije zakočnog zračenja, po kojoj elektron u sudaru sa konačnom ali malom verovatnoćom emituje zračenje, te da je verovatnija emisija zračenja nižih energija. Amplituda spektra zakočnog zračenja, odnosno energetska raspodela fotona, zavisi od debljine mete. S toga je neophodno da se simulacije ovakve vrste, kada se teži što realnijem kopiranju stvarnog eksperimenta, tačno odrede početni parametri simulacije.

5. REFERENCE

- 1/ T.Jevremović, "Radiostroncijum u ljudskim kostima-eksperimentalna merenja i numerička simulacija interne doze zračenja", Magistarski rad (u izradi), ETF, Beograd, 1988.
- 2/ T.W.Lowry, "Gamma Ray and Electron Transport by Monte Carlo", A Dissertation, University of Virginia, USA, 1974.
- 3/ H.W.Koch & J.W.Motz, "Bremsstrahlung Cross-Section Formulas and Related Data", Rev. of Modern Phys. Vol 31, No 4, 1959.



SI.3. Raspodela spektra transmitovanih fotona za metu od volframa i 8MeV-ske elektrone (broj istorija 10000)



SI.4. Raspodela spektra transmitovanih fotona za metu od olova i 8MeV-ske elektrone, /2/

6. ABSTRACT

A Monte Carlo computer code, BREMS, simulates the coupled transport of electrons and gamma rays with associated bremsstrahlung effects. Results of this code indicate the energy transmitted bremsstrahlung spectra. Histories of electrons are simulated using multiple-scattering theory. The bremsstrahlung production is described by Bethe-Heitler cross-section with corrections for wolphram finite slab. The gamma rays are simulated by basic Monte Carlo technique, without secondary radiation. The energy spectra of transmitted photons from 8 MeV electron normally incident on wolphram finite cilindrical slab for 10^3 i 10^4 primary particles are presented.

MONTE CARLO PRORAČUN DOZE ZRAČENJA U TKIVO-EKVI-VALENTNOM UZORKU KONAČNE GEOMETRIJE

A.Kandić, T.Jevremović, D.Stojanović, Dr F.Boreli

1. UVOD

Korišćenjem standardne metode Monte Carlo za simulaciju fotonskih interakcija, razvijen je paket programa za različite geometrijske uslove izvor-meta, različite vrste meta (jedno komponentna ili višekomponentna) i različitu vrstu izvora (monoenergetski ili diskretni). U ovom radu prikazan je moguć broj modelovanih kombinacija, a za neke od njih dati su konačni rezultati.

2. OSNOVNI PARAMETRI MONTE CARLO SIMULACIJE FOTONSKIH INTERAKCIJA

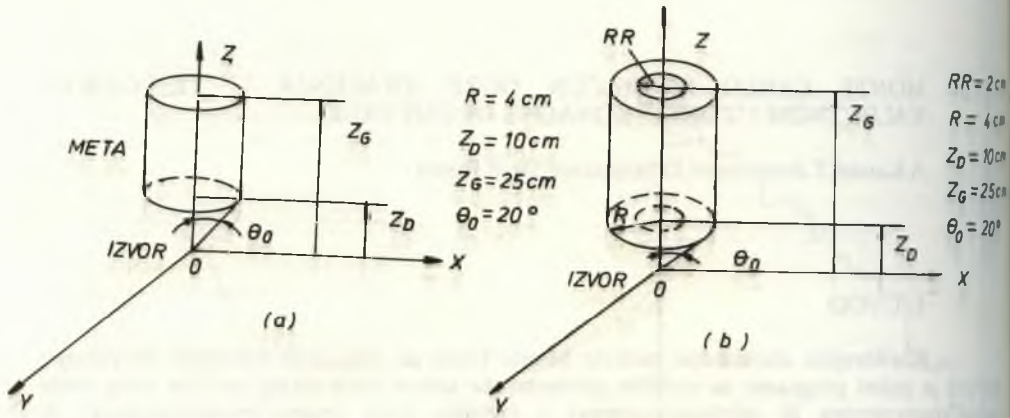
Razvijeni numerički program, nazvan ACCA, modeluje interakcije upadnog snopa fotona (ugao upadnog konusa zračenja proizvoljan) sa metom konačnih dimenzija, zanemarivanjem sekundarnog zračenja. Mogući vidovi interakcije fotona su: fotoefekat (pri kome se foton apsorbuje, a nastali fotoelektron se ne prati), Compton-ovo rasejanje (dalje se prati samo rasejani foton) i proizvodnja parova (pri kojoj se foton apsorbuje, a dalje se prate dva anihilaciona kvanta energije po 0.511MeV, sa dvostrukom statističkom težinom i izotropnog pravca rasejanja). Za svaku vrstu mete, bilo da je jednokomponentna bilo da je višekomponentna, formirane su matrice efikasnih preseka fotonskih interakcija za potrebe izbora tipa i centra interakcije fotona, modelovanjem preko odgovarajućih funkcija verovatnoće. Geometrija numeričkog "eksperimenta" prikazana je na sl.1. Uopšteni prikaz teka simulacije dat je na sl.2. Izborne mogućnosti su sledeće:

- (a) geometrija mete: prost valjak, dvostruki valjak, kvadar
- (b) sastav mete: tkivoekvivalentni materijal (prosta aproksimacija H,N,C,O ili složena aproksimacija H,N,C,O,S,P, Na,Ca,Mg) ili jedan od ovih elemenata plus Pb,W i Fe
- (c) izvor energije: monoenergetski (energije od 3MeV) i višenergetski (sa tri ravnopravna izvora Ir,Cs i Co).

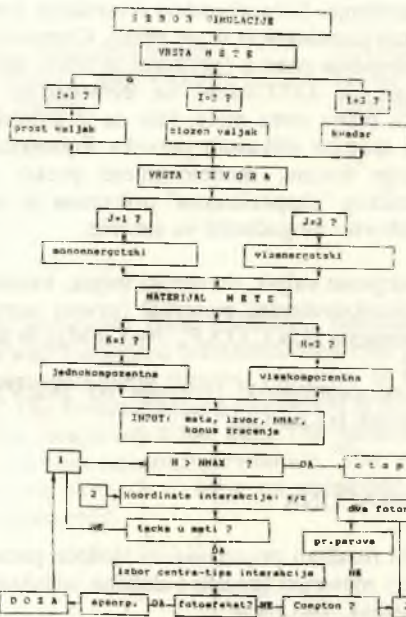
3. REZULTATI PRORAČUNA

U radu su prezentirani rezultati proračuna za sledeće parametre simulacije:

- (i) tkivoekvivalentni materijal (prosta i složena aproksimacija)
- (ii) prost i složen valjak, kao meta
- (iii) monoenergetski izvor fotona.



Sl.1. Geometrija numeričke simulacije fotonskih interakcija



Sl.2. Opšti tok ACCA simulacije transporta fotona

Dimenzije mete date su na sl.1. Proračun je izvršen za 10^3 istorija za svaku od sledeće četiri kombinacije:

- (a) prosta aproksimacija tkivoekvivalentnog materijala mete i prost valjak
- (b) prosta aproksimacija tkivoekvivalentnog materijala mete i složeni valjak
- (c) složena aproksimacija tkivoekvivalentnog materijala mete i prost valjak
- (d) složena aproksimacija tkivoekvivalentnog materijala mete i složeni valjak.

U tabeli I. prikazano je međusobno odstupanje dobijenih vrednosti apsorbovane doze zračenja za komparabilne kombinacije meta. Odstupanja su takva da se može zaključiti da složenost mete u smislu njene kompozitnosti ne menja krajnji rezultat za više od 10% u ovoj simulaciji.

Tabela I. Apsorbovana doza zračenja (ACCA program, 10^3 istorija)

META	PROST VALJAK	SLOŽEN VALJAK	ODSTUPANJE, %
PROSTA APROKSIMACIJA	82.16 pGy	94.64 pGy	13.2
SLOŽENA APROKSIMACIJA	87.56 pGy	104.71 pGy	16.4
ODSTUPANJE %	6.2	9.6	

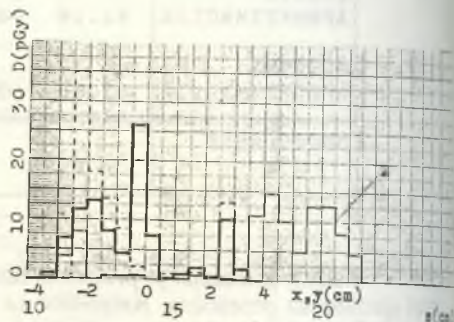
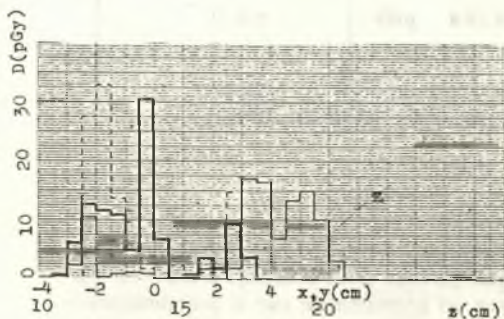
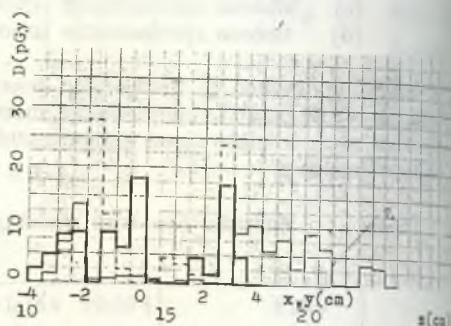
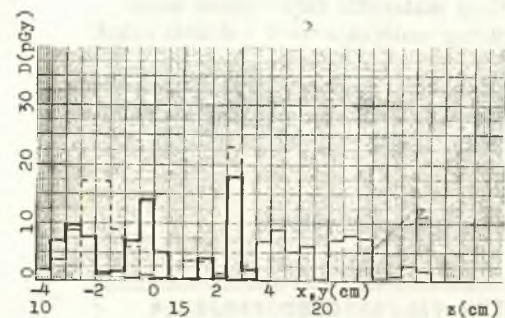
Na sl.3. prikazana je prostorna raspodela apsorbovane doze zračenja u meti, za sva četiri sprovedena proračuna. Raspodele su date za sve tri koordinatne ose u pojedinačnom prikazu. Raspodele pokazuju svoj očekivani oblik, a pikovi apsorbovane doze zračenja posledica su slučajnog izbora mesta interakcije fotona, kao i lokalizacije sekundarnog zračenja na mestu nastanka, tj. u uskoj zoni interakcije.

4. ZAKLJUČAK

Prikazane kombinacije Monte Carlo proračuna transporta fotona kroz metu cilindrične geometrije, konačnih dimenzija i različitog stepena složenosti, pomoću razvijenog numeričkog paketa ACCA, daju u konačnom obliku očekivanu raspodelu doze po obliku i magnitudama. S druge strane, vreme rada računara UNIVAC SPERRY 1100 (u Energo-projektu) za obavljene proračune iznosi od 27 do 42 sekunde, što se smatra izuzetno kratkim vremenom simulacije za 1000 primarnih isto-rija.

5. REFERENCE

- 1. T.W.Lowry, "Gamma-Ray and Electron Transport by Monte Carlo", A Dissertation, University of Virginia, USA, 1974.
- 2. Photon Interaction Library, ENDF/B-IV



(d)

Sl.3. Jednodimenziona raspodela apsorbovane doze zračenja za prezentirane kombinacije ACCA simulacije

6. ABSTRACT

The paper presents the results of numerical Monte Carlo photon interactions excluding secondary radiation, in tissue-equivalent slab. The numerical code ACCA simulates real experimental situation in following geometry: radiation monoenergetic source-target in cylindrical approximation-detector. The obtained results indicate that the summary apsorbed dose is in accordance with real values. The spatial apsorbed dose distribution are presented for some geometry combinations. From the obtained distribution it may be concluded that the shape and magnitude of apsorbed dose correspond to random histories primary and secondary photon particles.

EKSPOZICIJSKE DOZE IZMJERENE TL DOZIMETRIMA OD 1986. DO 1988. GODINE U SR HRVATSKOJ

Cesar D., Novaković M., Cerovac H., Bauman A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu
Zagreb

U radu su prikazane prosječne godišnje ekspozicijske doze grupirane na pet područja SRH. Provedena su testiranja značajnosti njihovog opadanja od 1986. do 1988. godine, kao i značajnosti razlika između grupa. Izračunate su vanjske prosječne godišnje ekvivalentne doze u SRH za razdoblje 1986. - 1988. porijeklom iz Černobila.

Kako je ekspozicijska doza početni podatak za određivanje opterećenja stanovništva i pojedinaca vanjskim ozračenjem, to je neophodno tu veličinu stalno mjeriti i pratiti promjenu njezine vrijednosti.

Na XIV Jugoslavenskom simpoziju za zaštitu od zračenja izvijestili smo da je prosječna godišnja ekspozicijska doza u SR Hrvatskoj bila 1986. godine veća za 15 % od prosječne godišnje ekspozicijske doze u razdoblju od 1982. do 1985. godine^[1]. Taj zaključak izveden je na temelju mjerenja u 16 općinskih mjesta u SRH (to su tada bile naše mogućnosti u odnosu na okvire finansiranja).

Od 1986. godine ekspozicijske doze mjere se na 49 mjesta u SR Hrvatskoj. Rezultati tih mjerenja od 1986. do 1988. godine upotrebljeni su u izradi ovog rada. Metodologija mjerenja ekspozicijskih doza navedena je u prije spomenutom radu^[1].

Rezultati mjerenja razvrstani su u pet nejednakih grupa na temelju impresije da su u pojedinim djelovima SR Hrvatske vrijednosti ekspozicijskih doza u razdoblju od 1986. do 1988. godine bile različite. Te grupe su:

SZ - sjeverozapadna Hrvatska, Zagreb i zapadno od njega (10 mjesta)

SI - sjeveroistočna Hrvatska, između Save i Drave (11 mjesta)

SR - središnja Hrvatska, južno od Save (7 mjesta)

M - mjesta uz more (11 mjesta)

P - Plomin i okolica (10 mjesta)

Vrijednosti prosječnih godišnjih ekspozicijskih doza po grupama prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Prosječne godišnje ekspozicijske doze u $\mu\text{C kg}^{-1}$ po grupama mjesta u SR Hrvatskoj od 1986. do 1988. godine

GODINA	G R U P E					SRH*
	SZ	SI	SR	M	P	
1986.						
\bar{X}	31,8	34,9	34,2	31,3	29,2	32,1
s	1,1	3,3	0,8	3,8	1,9	3,2
1987.						
\bar{X}	31,9	32,8	32,5	29,8	30,4	31,4
s	1,5	1,5	0,8	2,5	1,1	2,0
1988.						
\bar{X}	29,7	31,3	29,1	28,1	30,9	29,8
s	1,3	1,6	1,0	1,1	1,4	1,8
1986.-88.						
\bar{X}	31,1	32,9	32,0	29,7	30,2	31,1
s	0,8	1,8	0,6	1,6	1,4	1,8
p %	- 6,6	- 10,3	- 14,9	- 10,2	+ 5,8	- 7,2

* Prosječne godišnje ekspozicijske doze od svih mjesta mjerenja u SR Hrvatskoj

Testirane su razlike između vrijednosti ekspozicijskih doza (\bar{X}) u 1986. i 1987. godini, 1987. i 1988. godini, te 1986. i 1988. godini^[2]. Rezultati su pokazali da je \bar{X} od 1986. na 1987. godinu značajno opala samo za grupu SR. Od 1987. na 1988. godinu \bar{X} je značajno opala za grupe SZ, SI, SR i za SRH. Za razdoblje od 1986. do 1988. godine \bar{X} je značajno opala za sve grupe, kao i za SRH, osim za grupu P gdje je porasla. Vrijednosti postotaka tih promjena nalaze se u posljednjem redu tablice 1 s oznakom p %.

Testirane su razlike \bar{X} pojedinih grupa za razdoblje od 1986. do 1988. godine. Značajno su se razlikovale slijedeće grupe: SZ-SI, SZ-SR, SZ-M, SI-M, SI-P, SR-M i SR-P. Nisu se značajno razlikovale grupe SZ-P, SI-SR i SR-P. U tablici 2 grupe su poredane po vrijednosti \bar{X} u svakoj godini.

Tablica 2. Redosljed grupa od najveće do najmanje vrijednosti prosječnih godišnjih ekspozicijskih doza

GODINA	MAX.			MIN.		
	SI	SR	SRH	SZ	M	P
1986.	SI	SR	SRH	SZ	M	P
1987.	SI	SR	SZ	SRH	P	M
1988.	SI	P	SRH	SZ	SR	M
1986.-88.	SI	SR	SZ	SRH	P	M

Na temelju svega iznesenog možemo zaključiti da se ekspozicijska doza smanjivala od 1986. godine do 1988. godine u svim područjima SR Hrvatske osim u dijelu Istre oko Plomina, gdje je porasla.

U vremenskom razdoblju od 1986. do 1988. godine postojala je značajna razlika između ekspozicijskih doza sjevernih i središnjih područja SR Hrvatske i mjesta uz more, gdje su prosječne ekspozicijske doze bile manje.

Činjenica je da su se ekspozicijske doze u SR Hrvatskoj, i ne samo u Istri, povećale 1986. godine zbog nezgode na nuklearnom reaktoru u Černobilu, pa ako se poslužimo već spomenutim podatkom da je to povećanje u 1986. godini bilo 15 % u SR Hrvatskoj u odnosu na ekspozicijske doze ranijih godina (1982.-1985.) i koristeći podatke iz tablice 1, tada je u odnosu na razdoblje 1982. - 1985. povećanje ekspozicijske doze u SR Hrvatskoj bilo 1987. godine 13 %, a 1988. godine 8 %. Koristeći navedene podatke možemo izračunati kolika je bila vanjska prosječna godišnja ekvivalentna doza na području SR Hrvatske u razdoblju od 1986. do 1988. godine porijeklom iz Černobila. Računom su dobivene slijedeće vrijednosti: u 1986. godini 0,19 mSv, u 1987. godini 0,16 mSv i u 1988. godini 0,1 mSv, što u odnosu na

zakonom propisanu granicu doze^[3] za grupu pojedinaca iznosi 19 %, 16 % i 10 %.

Abstract:

**EXPOSURE DOSES MEASURED BY THERMOLUMINESCENT DOSIMETERS IN CROATIA
FOR THE PERIOD 1986 - 1988**

Mean annual exposure doses grouped by five regions in SR Croatia were studied. Their decrease in the period 1986 - 1988 was tested as well as significant differences between the separate groups of data. The external mean annual dose equivalents originated from Chernobyl were calculated.

Literatura:

- |1| XIV Jugoslovenski simpozij za zaštitu od zračenja, Novi Sad (1987)
Zbornik radova, 83.
- |2| I.Pavlić: Matematička statistika, "Privreda" Zagreb (1962).
- |3| S.l. SFRJ 40/86, 1185.

Konverzioni faktor za prevodjenje espozicione doze u apsorbovanu dozu za monoenergetske fotone.

mr. TOMLJENOVIC Ivan, dipl.ing.fiz.

"Rudi Čajavec" - RO PE , Banjaluka

SAŽETAK

U ovom radu prikazana je teoretska veza izmedju ekpozicione doze i apsorbovane doze i definiranje konverzionog faktora f . U tablici su date vrijednosti konverzionog faktora (inovirane) za različite energije i tri vrste supstanci (voda, mišići, kosti) koje se susreću u ljudskom organizmu.

UVOD

Da se uticaj ionizirajućeg zračenja izrazi što preciznije i što bliže stvaranim efektima potrebno je neke fizikalne veličine i njihove jedinice povezati, a koje su definisane i utvrđivane postupnim razvojem saznanja o uticaju ionizirajućeg zračenja na materiju kako organsku tako i anorgansku. Definiranjem novih fizikalnih veličina javila se potreba da se nadje veza izmedju tih i ranije ustanovljenih fizikalnih veličina, tj. da se utvrde konverzioni faktori.

Rad je namjenjen čitaocima koji tek počinju da izučavaju ovu naučnu oblast. Čitalac će lako da spozna način prelaska sa jedne fizičke veličine na drugu, tj. ekpozicione doze u apsorbovanu dozu kao i njihovih jedinica. Tablica sadrži korisne podatke za radiofizičare a i za metrologe koji se bave baždarenjem dozimetara.

TEORETSKA RAZMATRANJA

Većina dozimetara koje koristimo predviđeni su za mjerenje ekspozicione doze, a mi obično želimo da odredimo apsorbovanu dozu u nekom materijalu. Interesantno je odrediti apsorbovanu dozu u ljudskom tijelu koje uglavnom sačinjeno od mekog tkiva. Za sastav mekog tkiva uzimamo prema definiciji (1), 76,2% kisika, 11,1% ugljika, 10,1% vodika i 2,6% dušika.

Senzori u dozimetrima su većinom ionizacione komore i GM brojači čiji je rad zasnovan na principu ionizacije. Zato je potrebno da nadjemo vezu za prelazak sa ekspozicione doze ili Kerme u zraku na apsorbovanu dozu u materijalu (tkivu).

Pod apsorbovanom dozom podrazumijevamo energiju koju ionizujuće zračenje predaje nekom volumenu tvari. Ta energija je razlika između zbroja energija svih direktno ionizujućih čestica koje su ušle u volumen izbroja svih čestica koje su izašle iz volumena umanjene za energiju ekvivalentnu povećanju masa mirovanja nastalog nuklearnim reakcijama ili reakcijama između elementarnih čestica u tom volumenu.

Materija od koje je načinjen senzor razlikuje se od materije gdje želimo da odredimo apsorbovanu dozu. Kod senzora koji su zasnovani na principu ionizacije koriste se Breg-Grej-ove relacije.

Da bi mjerili apsorbovanu dozu u materiji treba da odredimo kerma u referentnom sredstvu koje je najčešće zrak.

Kerma je omjer sume početnih kinetičkih energija svih naelektriziranih čestica oslobođenih indirektno ionizirajućim zračenjem u mekom dijelu tvari i mase tog dijela.

U te svrhe najjednostavnije je koristiti ionizacionu komoru gdje se može mjereći količinu naelektrisanja stvorenog u komori zaključiti o energiji predanoj u osjetljivom volumenu komore mase dm po relaciji.

$$dE = \frac{\bar{W}}{e} dq \quad (1)$$

gdje je : \bar{W} - srednja energija potrebna za stvaranje jednog ionskog para u zraku $\bar{W} = 33,7$ eV/ion. par

e (C) - elementarno naelektrisanje $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

dq (C) - skupljeno naelektrisanje

U uslovima elektronske ravnoteže važi :

$$K_z = D_z = \frac{dq}{e} \cdot \bar{W} \cdot \frac{1}{dm} \quad (2)$$

gdje je : K_z (Gy) - kerma u zraku
 D_z (Gy) - apsorbirana doza u zraku
 dm (kg) - masa zraka

Veličini kerma u zraku odgovara ekspozična doza X. Ekspozična doza X definirana je kao odnos dq i dm.

$$X = \frac{dq}{dm} \quad (3)$$

gdje je : q (C) suma električnih naelektrisanja svih iona jednog predznaka stvaranih u zraku kada su svi elektrini (negativni i pozitivni) oslobođeni fotonima u dijelu zraka mase dm (kg) potpuno zaustavljeni u zraku.

Pomenut je pojam elektronske ravnoteže. Ona je postignuta tada kada je energija sekundarnih elektrona predana po gramu tvari jednaka energiji koju gama zrake izgube po gramu tvari.

Međutim, dok se kerma može upotrebljavati za svo indirektno ionizujuće zračenje ekspozična doza koristi se kod obrade iks i gama zračenja do energije 3 MeV.

U slučaju elektronske ravnoteže možemo izračunati apsorbiranu dozu D (2) u sredstvu (2) određujući kermu (1) u sredstvu (1), ako poznamo odnose masenih koeficijenata apsorpcije.

$$D(2) = K(1) \frac{(\mu_{en}/\rho)_1}{(\mu_{en}/\rho)_2} \quad (4)$$

μ_{en}/ρ ($m^2 kg^{-1}$) - maseni koeficijent apsorpcije energije, fotona energije E u promatranom sredstvu.

Primjenivši taj stav na bilo koje dvije različite supstance (npr. tkivo i zrak) dobivamo :

$$D_m(y) = K_z(Gy) \cdot \frac{(\mu_{en}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_z} \quad (5)$$

Povežemo relacije (2) i (5) dobivamo :

$$D_m(Gy) = \frac{dq}{e} \cdot \bar{W} \cdot \frac{1}{dm} \cdot \frac{(\mu_{en}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_z} \quad (6)$$

Veličinu :

$$f = \frac{\bar{W}}{e} \cdot \frac{(\mu_{en}/\rho)_m}{(\mu_{en}/\rho)_z} \quad (7)$$

zovemo konverzioni faktor, tj. faktor kojim množimo ekspozičnu dozu u jednoj tački da dobijemo apsorbiranu dozu u jednoj tački u stanju elektronske ravnoteže.

Sa oznakama iz relacije (3) i (7) relaciju (6) pišemo :

$$D_m (\text{Gy}) = f (\text{Gy/C kg}^{-1}) \cdot X (\text{C kg}^{-1}) \quad (8)$$

Ekspoziciona doza od 1 C kg^{-1} odgovara stvaranju $1/e$ parova iona. Budući da je srednja energija za stvaranje jednog ionskog para u zraku $\bar{W} = 33,7 \text{ eV}$ to je za ekspozicionu dozu od 1 C kg^{-1} bilo potrebno :

$$\frac{1}{e} \cdot 33,7 \text{ eV kg}^{-1} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot 33,7 \text{ eV kg}^{-1} = 2,106 \cdot 10^{-20} \frac{\text{eV}}{\text{kg}} = 33,7 \text{ Gy}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$$

$$\bar{W}/e = 33,7 \text{ J/C}$$

Dakle jedinica ekspozicione doze odgovara apsorbovanoj dozi $33,7 \text{ Gy}$ deponovanja zraku. Ako sa "a" označimo izraz :

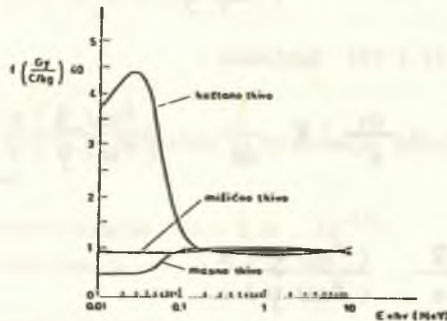
$$\frac{(\mu_{\text{en}}/\rho)_m}{(\mu_{\text{en}}/\rho)_z} = a \quad (9)$$

onda za konverzioni faktor možemo pisati :

$$f (\text{GyC}^{-1} \text{ kg}) = 33,7 a \quad (10)$$

Vrijednost konverzionog faktora za različite supstance (tkiva) i odgovarajuće energije prikazane su u Tablici 1.

Konverzioni faktor f je za datu sredinu funkcija energije fotona, a za datu energiju funkcija atomskog broja posmatrane sredine (supstance). Na slici 1 da je grafički prikaz konverzionog faktora f u funkciji energije u slučaju kada se ispitažu tkiva (kosti, mišići, salo) kao sredine.



Slika 1. - KOEFICIJENT F U FUNKCIJI ENERGIJE FOTONA

Relacija (8) izvedena je pod pretpostavkom da je iks ili gama zračenja monoenergetsko. U slučaju iks zračenja ili nekakvog kontinuiranog gama zračenja veza između apsorbirane doze i ekspoziционе doze može se dobiti preko jedne srednje vrijednosti za f

$$\bar{f} = \frac{D}{X} = \frac{\int_0^{E_{max}} X(E) \cdot f(E) dE}{\int_0^{E_{max}} X(E) dE} \quad (11)$$

Ako se koristi starija literatura sa starim jedinicama onda je potrebno navesti vezu među jedinicama :

$$\begin{aligned} 1 \text{ C kg}^{-1} &= 3876 \text{ R} \\ 1 \text{ R} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C kg}^{-1} \\ f \text{ (rad R}^{-1}\text{)} &= 0,869 \text{ a } \approx 0,87 \text{ a} \\ 100 \text{ rad} &= 1 \text{ Gy} \\ 1 \text{ rad} &= 100 \text{ erg/g} \end{aligned}$$

Dozimetri koji proizvodi "Rudi Čajavec" - Banjaluka namijenjeni su za mjerenje apsorbirane doze u ljudskom tijelu u kojem dominira meko tkivo. Dozimetri starije proizvodnje mjerili su jačinu ekspoziционе doze u R/h a sadašnji dozimetri mjere jačinu apsorbirane doze u cGy/h. Pri prevodjenju jedinica i veličina i pri energiji ^{60}Co u mekom tkivu za konverzioni faktor f uzeta je vrijednost 0,96 cGy/R. Na taj način je i skala instrumenta DR-M3 pretrpila minimum izmjena.

S Y M M A R Y

Theoretical connection between exposing and absorbed dose is shown and conversion factor f is defined in this paper. Innovated values of conversion factor for various energies and three kinds of substances (water, muscles, bones), being an integral part of human organism, are given in the table.

LITERATURA

1. J. Zoetieg and coll-Protocol for X-ray dosimetry and exposure arrangements employed in studies of late somatic effects in animals. In J. radiat. biol. 1985; vol 45
2. Technical reports series No 277 Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams IAEA Vienna 1987.
3. I. Tomljenović - Magistarski rad PMF, Kragujevac 1987.
4. Klinička dozimetrija-Zbornik predavanja, Beograd 1988. Društvo za mernu tehniku Srbije.
5. ICRU - Radiation quantities and Units, Report 19 (1971), 23(1973), 24(1976), 30 (1979), 33 (1980). Washington D.C. 20.008 USA.

Konverzioni faktor f predstavlja odnos apsorbovane doze i ekvizacione doze za monoengetatske fotone sa energijama od 4 keV do 2 MeV u slucaju ravnoteze sekundarno naelektrisanih cestica sa tri vrste supstanci.

Energija fotona E (keV)	Konverzioni faktor f (D/X)					
	voda		mišići		kosti	
	f (Gy/C kg ⁻¹)	f (mGy/R)	f (Gy/C kg ⁻¹)	f (mGy/R)	f (Gy/C kg ⁻¹)	f (mGy/R)
4	35,38	9,13	35,23	9,09	-	-
5	35,15	9,07	35,15	9,07	112,40	29,0
6	35,15	9,07	35,31	9,11	119,00	30,7
8	35,07	9,05	35,50	9,16	130,23	33,6
10	35,31	9,11	35,69	9,21	134,11	34,6
15	34,88	9,10	35,69	9,21	149,22	38,5
20	34,57	8,92	35,62	9,19	157,75	40,7
30	34,26	8,84	35,58	9,18	164,34	42,4
40	34,38	8,87	35,73	9,22	156,20	40,3
50	34,88	9,00	36,00	9,29	136,43	35,2
60	35,50	9,16	36,31	9,37	112,40	29,0
80	36,51	9,42	36,78	9,49	75,19	19,4
100	37,05	9,56	37,05	9,56	56,20	14,5
150	37,48	9,67	37,21	9,60	41,08	10,6
200	37,56	9,69	37,25	9,61	37,91	9,78
300	37,59	9,70	37,28	9,62	36,47	9,41
400	37,63	9,71	37,28	9,62	36,16	9,33
600	37,63	9,71	37,28	9,62	35,97	9,28
1000	37,63	9,71	37,28	9,62	35,93	9,27
2000	37,63	9,71	37,28	9,62	35,93	9,27
¹³⁷ Cs 622	37,63	9,71	37,28	9,62	36,00	9,29
⁶⁰ Co 1173,1332	37,63	9,71	37,32	9,63	35,89	9,26

Alunić Ljerka i Perhat Vesna
Institut za pomorsku medicinu, Split
Klinički centar za onkologiju i
radioterapiju, Split

OZRAČENJE PACIJENATA KOD KOMPJUTERIZIRANE TOMOGRAFIJE GLAVE

Prikazuju se rezultati filmdozimetrije "in vivo" pojedinih kritičnih organa pacijenata za vrijeme kompjuterizirane tomografije glave (CT). Mjerenjem je utvrđeno da su oči ozračene dozama od 4,5 do 15,6 mGy, čelo od 26,7 do 39,9 mGy, dok su štitna žlijezda i gonade ozračene dozama manjim od 0,7 mGy.

Ključne riječi: kompjuterizirana tomografija (CT) glave, filmdozimetrija na CT

U V O D

Kompjuterizirana tomografija (CT) je relativno nova metoda u kliničkoj dijagnostici, koja se primjenjuje zadnjih 15 godina. Primjena CT uređaja danas je tako raširena da je za mnoge medicinske zahvate neophodna.

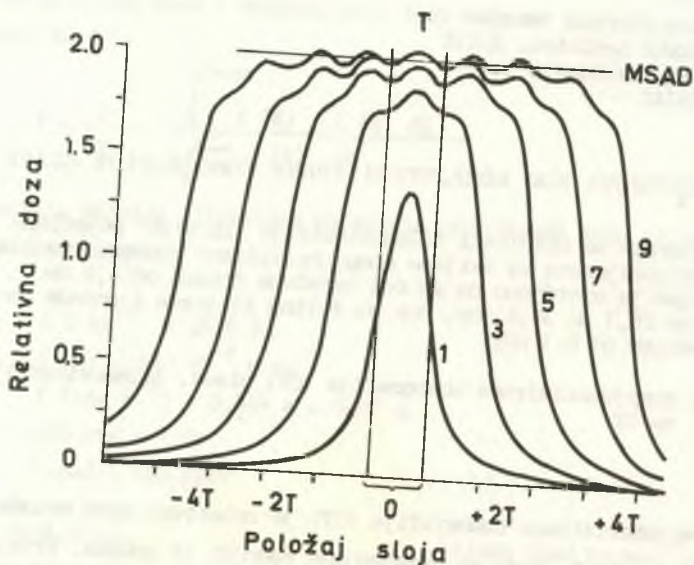
Prilikom CT pretrage pacijent se nalaze u kolimiranim snopovima polikromatskih X fotona u intervalu energija od 140 KeV do 30 KeV. Upadna zraka može se okarakterizirati s vrijednošću poludebljine od 4 do 8 mm Al efektivne energije od 40 do 60 KeV (1).

Mjerenje raspodjele apsorbirane doze iz ovakovog izvora daje dosta neujednačene vrijednosti za pojedine CT uređaje, zbog razlika u X kolimiranju, od generacije do generacije CT uređaja, debljini sloja, kV, mA i vremenu potrebnom za snimanje jednog sloja (2,3).

Karakteristične veličine za CT dozimetriju su vršna doza za jedan sloj, srednja doza za više slojeva (MSAD - multiple scan average dose) te profil doza kao funkcija okomita na ravninu snimanja.

Karakterističan primjer doze za seriju od nekoliko slojeva s razmakom T između pojedinih slojeva prikazan je na dijagramu 1.

Vrijednost MSAD tada odgovara srednjoj dozi u području centralnog sloja. Vrijednost MSAD dobiva se integriranjem doze od jednog sloja do sveukupnog broja snimljenih slojeva (4).



Dijagram 1

S obzirom na sve veću popularnost CT uređaja, naročito kod pretraga glave, koje su u SAD-u 1983. godine iznosile 63% od svih izvršenih CT pretraga, cilj ovog rada je "in vivo" utvrditi doze zračenja na površinama pojedinih kritičnih organa. Doze zračenja procjenjene su na temelju zamjenjiva dozimetrijskih filmova koji su postavljeni na površinu iznad pojedinog organa.

MATERIJAL I METODE

Mjerenje zračenja izvršeno je na 20 pacijenata, od kojih je 10 snimano na CT uređaju Technicare 1440 četvrte generacije u CMU Split, a 10 na Sonatomu DR treće generacije u KBC Split, koristeći unificirane programe.

Karakteristične veličine potrebne za snimanje glave prikazane su u tabeli 1 za oba CT uređaja, a određene su za svakog pacijenta automatski na temelju topograma i anatomske gradje glave.

CT UREDJAJ	KV	mAS	VRIJEME SNI- MANJA JEDNOG SLOJA (sek)	BRJ SLOJE- VA S TOPO- GRAMOM	DEBLJINA SLOJA/mm	KUT ROTACIJE RIG CLJEVI
TECHICARE 1440	130	300	3	12 do 14	10	360°
SOMATOM DR Siemens	125	450 i 250	7 i 5	15 do 18	4 i 8	360°

Tabela 1

Na svakog pacijenta postavljeno je za jednu CT pretragu 6 film-
dozimeta (Personal Monitoring - Kodak) na oba oka, čelo, potiljak, štitnu
žlijezdu i gonade. Od svih postavljenih filmova samo filmovi s čela i po-
tiljka ozračeni su primarnim snopom, dok ostali primaju dozu od sekundarnog
zračenja i raspršenog zračenja iz tijela pacijenta.

REZULTATI I RASPRAVA

Obrađeno je 120 dozimetrijskih filmova i na temelju njihovog
zacrmenjenja procjenjene su doze zračenja kojima su bile izložene površine
kritičnih organa pacijenta za vrijeme CT pretrage glave. Na svakom filmu
zacrmenjenje je očitano na četiri mjesta u međusobnoj udaljenosti po 2 cm na
uzdužnoj osi filma.

U tabeli 2 su prikazane minimalne i maksimalne doze zračenja sa
svakog filma, kao srednja vrijednost očitavanja deset pojedinačnih doza. Uspo-
redjujući rezultate CT uređaja Techicare 1440 i Somatoma DR, vidljivo je
da su pacijenti izloženi većim dozama zračenja kod snimanja glave s Techi-
care 1440, a što se slaže i s podacima iz literature (4,5).

Za većinu proizvođača CT uređaja, kod snimanja glave dana
je vrijednost mSAD od 22 do 68 mGy (4).

Iz tabele 2 je vidljivo da se vrijednosti od 25,3 do 47,9 mGy,
koje su mjerenjem dobivene, u potpunosti se uklapaju u navedeni interval.

Oči koje su se kod svih pacijenata u toku snimanja nalazile
izvan topogramom određenog područja snimanja ozračene su dozama od 3,3 do
15,6 mGy.

Gonade i štitna žlijezda su kod svih pacijenata ozračene dozama manjim od 0,7 mGy.

MJERNO MJESTO	TECHICARE 1440 doza u mGy		SIMENS-SOMATOM DR doza u mGy	
	min.	max.	min.	max.
LIJEVO OKO	4,48 ⁺ _{0,67}	8,84 ⁺ _{1,14}	4,83 ⁺ _{1,87}	9,90 ⁺ _{8,21}
DESNO OKO	5,48 ⁺ _{1,33}	15,64 ⁺ _{13,62}	3,30 ⁺ _{1,60}	9,65 ⁺ _{8,24}
ČELO	26,70 ⁺ _{6,14}	39,90 ⁺ _{3,86}	29,00 ⁺ _{2,27}	32,62 ⁺ _{1,97}
POTILJAK	43,50 ⁺ _{2,40}	47,90 ⁺ _{5,46}	25,34 ⁺ _{8,02}	29,88 ⁺ _{2,46}
ŠTITNA ŽLIJEZDA	0,52 ⁺ _{0,22}	0,56 ⁺ _{0,23}	0,53 ⁺ _{0,27}	0,65 ⁺ _{0,3}
GONADE	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10

Tabela 2

Z A K L J U Č A K

Dobiveni rezultati ozračenja za vrijeme snimanja glave pokazuju da su oči, koje čak nisu u primarnom snopu zračenja, ozračene dozama koje su od 1 do 5 puta veće od maksimalno dopuštenih godišnjih doza za rizičnu grupu stanovništva prema preporukama ICPR-a. Ne želimo se upuštati u procjenjivanje potrebe za snimanjem glave CT uređajem, ali smatramo da je za njeno traženje potrebna strogo stručna medicinska indikacija.

S U M M A R Y

PATIENT DOSAGE IN COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE HEAD

Surface doses from CT head scans had been measured "in vivo" with film dosimetry. The final result from 120 films show that the eyes received the doses in the interval from 3,3 to 15,6 mGy, the forehead from 26,7 to 39,9 mGy, while the thyroid and the gonads receive less than 0,7 mGy.

L I T E R A T U R A

1. E.C. Mc Cullough, J.T. Payne: Patient Dosage in Computed Tomography, Radiology 129:457-463,1978.
2. D.A.C. Green, R. Veerappan: The Radiation Dose to Patients from EMI Brain and Body Scanners. British Journal of Radiology 52,189-196,1979.
3. T.B. Shope, R.M. Gagne, G.C. Johnson: A Method for Describing the Doses Delivered by Transmission x-ray Computed Tomography. Med.Phys. 8:488-495,1981.
4. J.L. Mc Crohan, J.F. Patterson, R.M. Gagne, H.A. Goldstein: Average Radiation Doses in a Standard Head Examination for 250 CT Systems. Radiology 163:263-268,1987.
5. G. Evens, F.A. Mettler: National CT use and Radiation Exposure: United States 1983,1077-1081.

POROVSKI S.

Zavod za preventivno-medicinsku zaštitu-Skopje

PERIOD FILMDOZIMETRIJE

od 1962 - 1984 god.

Prikazane su prosečne mesečne doze ozračenja osoba koja koriste medicinske dijagnostičke rendgen aparate za period 1962-1984 god. Vidljivo je da su se prosečne mesečne doze po osobi u početku smanjivale da bi varirale negde ispod 100 mikrogreja.

Kontrola primljenih doza jonizujućeg zračenja u našoj Ustanovi počela je početkom 1962 godine, kao ovlašćena ustanova za kontrolu izvora jonizujućeg zračenja i kontrolu izloženosti lica jonizujućim zračenjima. Kontrola primljenih doza jonizujućeg zračenja vršena je upotrebom filmdozimetara.

Broj korisnika filmdozimetara, odnosno lica koja rade sa rendgen aparatima bio je dovoljno reprezentativan da bi se iz dobivenih rezultata dobio i neki zaključak.

Rezultati pregleda filmdozimetara dati su u tabelama (1) i (2). U tabelama su prikazani rezultati korišćenih, odnosno vraćenih filmdozimetara.

Iz priloženih tabela vidi se da frekvencija ozračenih sa većom dozom od početka je u znatnom padu i je sve manje onih sa većom dozom od mesečno maksimalno dozvoljenih doza, i drugo, da prosečne mesečne doze posle vidljivog pada variraju negde ispod 100 mikrogreja. Takođe neisključuje se mogućnost da pojedina lica i dalje mogu biti ozračena dozama iznad maksimalno dozvoljenih.

Rezultat ovako dobivenih vrednosti primljenih doza jonizujućeg zračenja posledica je:

- ukupne aktivnosti odelenja za zaštitu od zračenja na kulturno prosvetnom planu,
- poboljšanje prostornih uslova rada rendgen kabineta,

REZULTATI FILMOZIMETRIJE
za period od 1962 do 1984 godine

Godina	DOZA U MICROGRAY-A - % FILMOZIMETARA				
	0-100	100- 1000	1000- 4000	4000- 10000	10000- 50000
1962	60,21	26,02	9,18	1,53	3,06
1963	80,84	9,82	6,08	0,64	2,80
1964	63,64	32,27	2,27	0,46	1,36
1965	63,38	34,37	1,69	0,28	0,28
1966	77,28	20,81	1,70	0,21	-
1967	80,91	18,09	0,99	-	-
1968	84,14	14,34	0,76	0,19	0,57
1969	83,61	14,34	2,05	-	-
1970	90,63	8,82	0,37	-	0,18
1971	90,35	6,14	2,85	0,66	-
1972	88,75	11,25	-	-	-
1973	76,71	23,29	-	-	-
1974	81,20	18,80	-	-	-
1975	76,05	21,67	1,90	0,38	-
1976	80,64	18,30	1,06	-	-
1977	85,17	14,20	0,32	-	0,32
1978	81,36	18,64	-	-	-
1979	84,76	13,10	2,14	-	-
1980	91,88	8,12	-	-	-
1981	95,65	4,00	0,35	-	-
1982	87,21	11,48	0,98	-	0,33
1983	88,29	9,86	1,85	-	-
1984	97,68	2,32	-	-	-

REZULTATI FILMDOZIMETRIJE
za period od 1962 do 1984 godine

G O D I N A	Prosečna doza po filmu, μGy	Godišnja doza po osobi, μGy
1962	787	5318
1963	942	6502
1964	406	2028
1965	177	1081
1966	105	807
1967	64	527
1968	169	1550
1969	75	683
1970	75	691
1971	104	947
1972	34	282
1973	57	473
1974	55	537
1975	96	844
1976	65	646
1977	136	1194
1978	47	369
1979	75	699
1980	24	230
1981	16	152
1982	107	988
1983	61	578
1984	10	72

- obezbeđenja i korišćenja ličnih zaštitnih sredstava,
- zamena stare i dotrajale rendgen aparate sa novim i savršenijim, koji pružaju adekvatnu i bolju zaštitu,
- strožije zahteve i kriteriume u poštovanju propisa u radu sa generatorima jonizjućeg zračenja.

Abstract

These paper present overage monthly doses of ionizing radiation received by the persons using diagnostic X-ray machines for the period from 1962 to 1984. It is obvious that the overage monthly doses have been decreasing that they tend to be under a value of 100 micrograys.

Literatura:

Cesar D. at all: "Dvadeset jedna godina filmdozimetrije" i "Distribucija mesečnih doza ozračenja osoba od 1962 do 1982 godine". XII Jugoslovenski simpozium o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983.

Fugaš M. at all: "Filmdozimetrija x-zračenja i gama zračenja". Arhiv za hig. rada i toksikologiju. Vol. 10, Zagreb, 1959

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

APSOLUTNO MERENJE EKSPOZICIONE DOZE X ZRAČENJA

Abstrakt

U radu je prikazano apsolutno merenje ekspozicione doze X-zračenja (50-250 kV) komorom sa vazдушnim zidom. Određeni su korekcionni faktori i njihova neodređenost. Ukupna merna nesigurnost odgovara mernoj nesigurnosti primarnih etalona nacionalnih metroloških laboratorija drugih zemalja.

1.Uvod

Jedinica za ekspozicionu dozu X zračenja definisana je kao količina elektromagnetnog zračenja koja u 1 kg suvog vazduha proizvede naelektrisanje od jednog kulona. Jonizaciona komora sa vazдушnim zidom predstavlja eksperimentalnu realizaciju uslova za direktno merenje naelektrisanja u vazduhu stvorenog dejstvom X zračenja i zato se koristi kao primarni etalon za ekspozicionu dozu.

2.Opis jonizacione komore

Jonizaciona komora ND-1008 ima plan-paralelne elektrode. Homogenost električnog polja obezbedjena je zaštitnim elektrodama i zaštitnim trakama. Za kolimaciju upadnog snopa koristi se kolimator koji je izradjen od specijalne legure volframa. Glavne karakteristike komore date su u tabeli 1.

Tabela 1.Glavne karakteristike komore sa vazдушnim zidom

Prečnik kolimatora	10.006 \pm 0.003 mm
Širina sabirne ektrode	49.201 \pm 0.0015 mm
Aktivna zapremina komore	(0.9738 \pm 0.0009) $\times 10^{-6}$ m ³
Rastojanje izmedju elektroda	140 mm
Rastojanje od kolimatora do centra aktivne zapremine	224.5 \pm 0.2 mm

3.Karakteristike polja X zračenja

Jonizaciona komora sa vazдушnim zidom ispitivana je u poljima X zračenja koja su ostvarena dozimetrijskim generatorom MG-320 proizvodnje Philips. Osnovne karakteristike polja date su u tabeli 2.

Tabela 2. Osnovne karakteristike polja X zračenja

Napon na Ro cevi (kV)	Struja cevi (mA)	Dodatna filtracija (mm)	Prva poludebljina (mm)	Srednja energija (keV)
50	15	4.0 Al	0.14 Cu	37
100	10	4.0 Al	0.25 Cu	46
150	10	4.0 Al+0.21 Cu	0.69 Cu	64
200	10	4.0 Al+0.49 Cu	1.12 Cu	80
250	10	4.0 Al+1.93 Cu	2.70 Cu	120

4. Merenje jačine ekspozicione doze

Veza između struje jonizacije (I) i jačine ekspozicione doze (X) data je izrazom

$$X = \frac{I}{\rho V} K$$

gde je: V - aktivna zapremina komore

ρ - gustina vazduha pri normalnim uslovima

K - ukupni korekcionni faktor koji je jednak proizvodu

$$K = K_a K_z K_t K_r K_g K_v$$

gde je: K_a - korekcionni faktor zbog slabljenja primarnog

zračenja u vazduhu; K_z - korekcionni faktor zbog nedostiza-

nja uslova zasićenja; K_t - korekcionni faktor zbog prolaska

primarnog zračenja kroz zid komore; K_r - korekcionni faktor

zbog doprinosa rasejanog zračenja i gubitaka elektrona;

K_g - korekcionni faktor zbog promene gustine vazduha;

K_v - korekcionni faktor zbog vlažnosti vazduha.

Za apsolutno merenje ekspozicione doze potrebno je odrediti vrednosti korekcionnih faktora.

4.1 Korekcionni faktor zbog slabljenja primarnog zračenja u vazduhu

Vrednost ekspozicione doze kod komore sa vazдушnim zidom odredjuje se za tačku koja se nalazi na najužem delu kolimatora pa je zbog toga neophodno odrediti korekcionni faktor zbog apsorpcije primarnog zračenja na putu od kolimatora do sredine aktivne zapremine.

Korekcionni faktor odredjen je tako što je izmedju rendgenske cevi i jonizacione komore postavljena aluminijumska cev sa tankim plastičnim prozorima debljine 0.1 mm koja je mogla da se vakumira. Struja jonizacije je merena pre i posle evakuacije vazduha /1/.

4.2. Korekcionni faktor zbog nedostizanja struje zasićenja

Gubitak struje jonizacije zbog rekombinacije zavisi od napona napajanja komore i jačine ekspozicione doze. Korekcionni faktor zbog rekombinacije odredjuje se iz odnosa ekstrapolisane jačine struje (I_z) ($V \rightarrow \infty$) i jačine struje na radnom naponu (I_r).

4.3. Korekcionni faktor zbog prolaska primarnog zračenja kroz zid komore

Korekcionni faktor K_t zbog prolaska primarnog zračenja kroz zid komore dat je izrazom

$$K_t = \frac{I_r - I}{I_r}$$

gde je: I - jačina struje jonizacije na radnom naponu pri zatvorenom otvoru kolimatora a I_r struja pri otvorenom kolimatoru.

4.4. Korekcionni faktor zbog doprinosa rasejanog zračenja i gubitaka elektrona

Na putu od dijafragme do merne zapremine dolazi do Komptonovog rasejanja upadnog X zračenja. Rasejano zračenje može uzrokovati dodatnu jonizaciju u aktivnoj zapremini komore. Korekcionni faktori zbog doprinosa ove jonizacije odredjeni su iz podataka koje su dali Wyckoff i Aattix/2/.

4.5. Korekcionni faktor zbog vlažnosti i promene gustine vazduha

Zbog promene temperature i pritiska u toku merenja

potrebno je vršiti korekciju zbog promene gustine vazduha. Takođe je potrebno korigovati merenja zbog prisustva vodene pare u vazduhu. Ove korekcije su vršene prema međunarodnim preporukama /3/.

5. Zaključak

Rezultati merenja i neodredjenost korekcionih faktora za različite napone cevi dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Neodredjenost korekcionih faktora (%)

	Napon na Ro cevi				
	50 kV	100 kV	150 kV	200 kV	250 kV
K_z	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
K_t	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
K_r	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
K_a	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
K_g	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
K_v	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
V	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05
l	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Ukupno(%)	0.45	0.34	0.34	0.34	0.34

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da je ispitivana komora primenjiva za merenje ekspozicione doze X zračenja za napone rendgenske cevi u intervalu od 50 kV do 250 kV. Ukupna merna nesigurnost ispitivane komore je porediva sa mernom nesigurnošću primarnih etalona za ekspozicionu dozu u nacionalnim metrološkim laboratorijama u drugim zemljama.

Abstract

In this paper, absolute measuring of X-ray exposure (50-250 kV) with free-air chamber is presented. Correction factors and their uncertainties are determined. Total uncertainty is comparable with uncertainties of primary standards in national primary metrological laboratories in other countries.

Literatura

1. M. Kovačević, I. Mirić, D. Veličković; XIV Jug. simp. JDZZ Novi Sad '87
2. Wyckoff H.O. and Attix F.H. NBS Handbook 64, 1957.
3. ICRU ICRU Report 31.

M.Kovačević, D.Veličković, M.Vukčević

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

PREGLED I PROVERA DOZIMETARA
U METROLOŠKOJ LABORATORIJI IBK-VINČA

Abstrakt

Metrološka dozimetrijska laboratorija Instituta "Boris Kidrič", ima ovlašćenje Saveznog zavoda za mere i dragocene metale da vrši pregled i proveru X i gama dozimetara. U radu je pored prikaza etalonskih polja X i gama zračenja dat i pregled dvogodišnje kontrole sa posebnim osvrtom na nivo pouzdanosti pregledanih dozimetara.

1. Uvod

Sve veća primena izvora jonizujućeg zračenja dovela je do upotrebe velikog broja dozimetara. Radi zaštite profesionalaca i stanovništva potrebno je raspolagati pouzdanim i metrološki ispravnim mernim sredstvima. Na osnovu Zakona o mernim jedinicama i merilima ("Službeni list SFRJ", br.9/84), i Naredbe o odredjivanju vrste merila za koje je obavezno ispitivanje tipa i pregled merila ("Službeni list SFRJ", br.26/84) svaki vlasnik merila je dužan da svake dve godine vrši pregled i proveru ispravnosti svih vrsta dozimetara.

U Institutu "Boris Kidrič" formirana je dozimetrijska metrološka laboratorija. Pored ovlašćenja Saveznog zavoda za mere i dragocene metale za pregled X i gama dozimetara, laboratorija je uključena i u lanac sekundarnih standardnih laboratorija u organizaciji Medjunarodne atomske agencije iz Beča.

2. Oprema dozimetrijske laboratorije

Laboratorija ima uspostavljena etalonska polja X i gama zračenja. Za realizaciju polja gama zračenja koriste se dva

uredjaja. Jedan uredjaj je dobijen adaptacijom standardne terapijske kobaltne glave Gammatron. Drugi uredjaj, u potpunosti izradjen u Institutu, omogućuje korišćenje više vrsta izvora različitih aktivnosti. Trenutno je ugradjeno 5 izvora Co-60 i jedan izvor Cs-137. Pomoću ova dva uredjaja ostvaruju se gama polja Co-60 u opsegu od 3 pC/kg s do 500 mC/kg s. Karakteristike gama polja i aktivnosti izvora date su u tabeli 1.

Tabela 1. Karakteristike gama polja i aktivnost izvora

Izvor	Aktivnost	Jačina doze na 1m	Maksimalna doza	Minimalna doza	Ugao kolimacije
^{60}Co	58 MBq	136 $\frac{\text{pC}}{\text{kg s}}$	165 $\frac{\text{pC}}{\text{kg s}}$	5.4 $\frac{\text{pC}}{\text{kg s}}$	12°
^{60}Co	660 MBq	1.5 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	1.9 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	60 $\frac{\text{pC}}{\text{kg s}}$	12°
^{60}Co	9.86 GBq	26 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	33 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	1.1 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	12°
^{60}Co	141 GBq	375 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	460 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	15 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	12°
^{60}Co	2.6 TBq	5.7 $\frac{\mu\text{C}}{\text{kg s}}$	7.9 $\frac{\mu\text{C}}{\text{kg s}}$	260 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	12°
^{60}Co	30 TBq	70 $\frac{\mu\text{C}}{\text{kg s}}$	280 $\frac{\mu\text{C}}{\text{kg s}}$	3.5 $\frac{\mu\text{C}}{\text{kg s}}$	promenljiv
^{137}Cs	25 GBq	15 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	23 $\frac{\text{nC}}{\text{kg s}}$	570 $\frac{\text{pC}}{\text{kg s}}$	12°

Etalonska polja zadovoljavaju zahteve date u ISO 4037.

Za formiranje etalonskih poja X zračenja koristi se generator X zračenja MG-320 proizvodnje Philips sa radijacionom klupom i pomoćnom opremom. Napon cevi je kontinualno promenljiv u intervalu od 30 kV do 320 kV. Struja cevi je do 10 mA za napone veće od 100 kV odnosno do 15 mA za niže napone. Unutrašnja filtracija je ekvivalentna 4 mmAl. Za formiranje etalonski polja koristi se set filtera koji je preporučeno u ISO 4037. Karakteristike etalonskih polja date su u tabeli 2.

Tabela 2. Karakteristike etalonskih polja X zračenja
Uski spektar

Napon cevi (kV)	Dodatna filtracija				Prva poludebljina (mmCu)	Srednja energija (keV)
	(mmAl)	(mmCu)	(mmSn)	(mmPb)		
60	4.00	0.60			0.24	45
100	4.00	5.00			1.19	82
150	4.00	4.00		2.50	2.34	115
200	4.00	2.00	3.00	1.00	4.00	155
250	4.00		2.00	3.00	5.3	210
300	4.00		3.00	5.00	6.4	250

Široki spektar

60	4.00	0.30			0.19	43
80	4.00	0.50			0.36	55
110	4.00	2.00			0.99	78
150	4.00		1.00		2.00	105
200	4.00		2.00		3.15	135
250	4.00		4.00		4.4	170
300	4.00		6.50		6.4	250

3. Rezultat rada

Laboratorija vrši proveru svih vrsta dozimetara. U toku dve godine pregledano je ukupno 94 dozimetra. Broj pregledanih dozimetara kao i broj ispravnih i neispravnih dat je u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati pregleda dozimetara

Ukupno pregledano dozimetara	94	
Ispravni	63	67 %
Funkcionalno neispravni	14	15 %
Funkcionalno ispravni sa odstupanjem većim od deklarisanog	17	18 %

Kako su dati rezultati za dve godine ,nema dozimetara koji se

ponavljaju.

4. Diskusija i zaključak

1. Obzirom na broj dozimetara koji se nalaze u upotrebi ukupan broj pregledanih dozimetara je mali. Ukoliko se uzmu u obzir dozimetri koji se nalaze i u jedinicama civilne zaštite pregledani broj dozimetara je zanemarljiv.

2. Veliki procenat metrološki i funkcionalno neispravnih dozimetara, medju dosad pregledanim, ukazuje da se u upotrebi nalazi veliki broj nepouzdanih dozimetara. Njihova nepouzdanost bitno utiče na ukupno stanje zaštite od zračenja. Pogrešni rezultati merenja mogu da dovedu do nepotrebnog povećanja rizika ozračivanja a sa druge strane nepouzdana rezultati mogu da nepotrebno povećaju troškove zaštite.

3. Iz svega navedenog se vidi da zakonska obaveza nije nepotrebna formalnost već da postoje ozbiljni metrološki i sigurnosni razlozi za redovnom kontrolom dozimetara.

Abstract

Standard dosimetry laboratory in "Boris Kidric" Institute is licenced by the national office of measures to examine and control γ and X - ray dosimeters. This paper describes standard X and γ fields in the laboratory and gives two years work report. The reliability level of calibrated dosimeters is particularly emphasised.

Literatura

1. Zakon o mernim jedinicama i merilima, Službeni list SFRJ, br. 9/84
2. Naredba o rokovima u kojima se vrši periodični pregled etalona i merila, Službeni list SFRJ, br. 26/84.
3. Handbook on Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, IAEA, Viena, 1971.

OSNOVNI SISTEM I KONCEPT LIČNE DOZIMETRIJE FOTONA I NEUTRONA ZA NUKLEARNE NESREĆE. I OSNOVNI KRITERIJI I DEFINICIJA SISTEMA

I. Dvornik i S. Miljanić
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

RAZLOZI ZA NOVI KONCEPT I SISTEM

Dozimetrija za nuklearne nesreće (DNN) ima osnovni zadatak pribavljanja podataka (a) za identifikaciju svakog pojedinca izloženog potencijalno letalnim dozama zračenja, i (b) za prognozu težine akutne ugroženosti zdravlja, i prema tome, za izbor vrste, opsega i trenutka potrebnih medicinskih aktivnosti. To postavlja fundamentalni zahtjev: pravovremeno dobiti osnovne podatke o dozama u organima koji su kritični za razvoj akutne radijacione bolesti*.

Poslije "Panela IAEA o DNN sistemima" održanog 1969. g. (1) istraživanje i razvoj DNN su veoma napredovali. Veliki napor posvećen je ličnoj dozimetriji i dozimetriji prostora u miješanim (n+gama) poljima proizvedenim tzv. akcidentima fisije ("criticality akcidentima") (2). Potpuna primjena raspoloživih iskustava stručnih i dobro opremljenih laboratorija može zadovoljiti sve osnovne zahtjeve.

Unatoč tome, realistično i kritičko razmatranje lokalno postojećih mogućnosti sistema DNN da se nakon ozbiljne nesreće djeluje na vrijeme i efikasno, pokazat će da je njihova efikasnost i točnost pod upitnikom (posebno u smjerna u razvoju, ali u nekim slučajevima čak i u najrazvijenijima također!). Neke metode su previše složene, tehničke izvedbe previše skupe i preteške za primjenu. U slučaju miješanih polja zračenja nepoznatog sastava i energetskog spektra veoma je teško (ili, možda u datim stvarnim okolnostima, nemoguće) postići potrebnu točnost, posebno u najkritičnijem području doza od 2 do 10 Gy (200 do 1000 cGy ili rad).

Noviji smjer u razvoju DNN teži pojednostavljenju metoda mjerenja i interpretacije. U skladu s tim trendom je i traženje sistema koji imaju signal proporcionalan aktivnoj kermi neovisno o energiji i kvaliteti zračenja. Takvoj orijentaciji najviše je doprinjeo napredak u radiobiologiji velikih životinja, posebno u slučajevima nejednolike dubinske raspodjele doze i izlaganja miješanom neutronskom i gama zračenju. Najveća pouzdanost funkcije lične dozimetrije i najveća točnost potrebni su u opsegu doza moguće smrtnosti (2 do 10 Gy).

*Najvažniji je koštana srž

Odlični sigurnosni pokazatelji nuklearnih postrojenja (u usporedbi s drugim industrijama) ne isključuju rizik od smrtonosnih ili čak katastrofalnih nesreća. Riziku doprinose rastuće uključenje zemalja u razvoju, kao i širom svijeta rasprostranjeno nuklearno oružje. Iskustva povijesti nuklearnih nesreća pokazuju da početno dobri koncepti ili oprema i organizacija namijenjena sprečavanju nesreća, ili detekciji, alarmiranju ili dozimetriji mogu, nakon mnogo godina, biti zanemareni (loše održavanje) i postati neefikasni ili beskorisni. Pokazano je da su ljudske greške glavni uzrok nesreća. U slučaju velikih nesreća, od kojih bi najgora bila slučajna (nenamjerna) eksplozija nuklearnog oružja, moguće je izlaganje velikog broja ljudi potencijalno smrtnim dozama gama zračenja i neutrona. Psihološki stres i panika mogu proizvesti dodatnu štetu i privremeno odsustvo organiziranog djelovanja. Pri tom, što je situacija ozbiljnija to je hitnija potreba za osnovnim ličnim dozimetrijskim podacima odmah i na licu mjesta.

Sve ovo su argumenti za razvoj osnovnog koncepta i osnovnog tehničkog sistema lične DNN letalnih doza koji bi zadovoljili neke minimalne zahtjeve, i koji bi bili pristupačni u bilo kojoj neočekivanoj situaciji da zadovolje glavni prioritet: najhitnije dozimetrijske potrebe u teškoj postakcidentalnoj situaciji, tj. potrebe proizašle iz zadatka da se spase životi.

ULOGA I KVALITETE OSNOVNOG SISTEMA

Stoga se ističu dvije uloge (uloga) lične DNN:

(i) hitna - brzo davanje podataka o dozi kao osnovi za: brzo prepoznavanje teško ozračenih osoba (trijaža u nekoliko podgrupa), potpomaganje hitnih akcija i prve pomoći, pravovremeno planiranje kapaciteta medicinskog zbrinjavanja te za druge kasnije akcije;

(ii) dugoročna - davanje što je moguće potpunijih dozimetrijskih podataka za znanstvene studije, analizu i rekonstrukciju nesreće i njenih posljedica, kao i za kontinuiranu podršku dugoročnog postakcidentalnog djelovanja (računanje radijacionog opterećenja populacije, mjere zaštite bazirane na ALARA principu, epidemiološke studije kroničnih efekata zračenja).

Razlika između ovih dviju uloga je da uloga (i) mora biti ispunjena, a uloga (ii) ne mora, osim u dijelu koji omogućuje kvantitativno određivanje stupnja opće radijacione ugroženosti, što je osnova za odabir i primjenu odgovarajućih mjera zaštite (mjerenje brzine doze i radioaktivne kontaminacije u okolini i računanje doza, ali ne i lična dozimetrija).

Osnovni DNN sistem je zamišljen da zadovoljava ulogu (i). Medicinska etika i praktični razlozi traže trijažu ozračenih osoba što je točnije moguće i na individualnom nivou. U praktičnim post-akcidentalnim situacijama to će biti moguće samo ako je poznata maksimalna tkivna apsorbirana doza na površini tijela. Ako se zahtijeva točno individualno odvajanje ozračenih, maksimalnu dozu treba mjeriti, a minimalnu se može približno izračunati na

osnovu saznanja o polju zračenja. U miješanim poljima ukupna (neutronska i gama) tkivna doza bit će dovoljan podatak za (i), a odvojene gama i neutronska komponenta su potrebne za (ii). Iz podataka o maksimalnim (i) ev. minimalnim) površinskim dozama (ukupnim, tj. neutronske i gama), može se dovoljno približno izračunati doza u kritičnim organima i na taj način prognozirati opasnost po zdravlje sa točnošću dovoljnom za individualnu trijažu* i planiranje medicinskih akcija. Među brzim akcijama (i) uključuje, među ostalim, informacije o dozama za svaku pogodenu osobu i stanovništvo općenito. Najhitnije je uvjeriti ljude da nema akutne opasnosti za njihovo zdravlje i život, ili informirati teže ozračene o njezi koju će primiti. Kvantitativna informacija o ličnim dozama u području od 10^{-5} do 0.5 Gy (Sv) je unutar (ii) budući da te doze (posebno ako su iskazane kao maksimalne površinske doze) ne izazivaju akutne zdravstvene posljedice. Zato se ne očekuje da osnovni DNN sistem mjeri takve doze. Ovaj sistem treba biti dovoljno osjetljiv za rezoluciju oko 0.2 Gy kod nivoa doza ispod 1 Gy.**

Zahtjevi na svojstva osnovnog DNN koncepta i sistema mogu se sada sumirati kako slijedi:

- (1) brzo i decentralizirano mjerenje ličnih doza koje izazivaju akutne posljedice po zdravlje (jedan čitač na svakom mjestu moguće nesreće, 50-100 dozimetara po jednom čitaču ili brzina čitanja oko 100 dozimetara za jedan do dva sata nakon nesreće);
- (2) direktno mjerenje "ukupne neutronske i gama tkivne apsorbirane doze", tj. maksimuma te doze na površini tijela; dobro definiran, reproducibilan i ne previsok feding signala;
- (3) opseg: 0.1 do 10 (ili 15) Gy; točnost pri čitanju 100 dozimetara/sat (95%-tni nivo pouzdanosti): 10% za doze od 3 do 10 Gy;
- (4) stabilnost kalibracije dozimetara i čitača bez provjere za više godina;
- (5) pouzdanost funkcije kroz više godina, (po mogućnosti) bez provjere i tehničkog održavanja i bez izvora energije; pouzdanost upotrebe bez ponavljanja osnovne obuke;
- (6) opća pristupačnost: jednostavnost upotrebe, jednostavna obuka, niska cijena dozimetara a posebno čitača;
- (7) neovisnost o temperaturi ozračenja (-30° do $+50^{\circ}$ C) i brzini doze.

Zadovoljiti sve te zahtjeve nije lako. Svaki pregled svojstava ličnih

*Poslije katastrofalnih akidenata (i u ratu) cilj trijaže je razvrstavanje ozračenih pojedinaca u najviše četiri grupe (1. akutna bolest se ne očekuje, 2. potrebno praćenje, 3. moguća teška bolest i potrebna hospitalizacija, 4. preživljenje jedva moguće ili nemoguće).

**Pri vrlo brzom prvom mjerenju (npr. 100 čitanja doze na sat); kad kasnije ima više vremena za preciznije mjerenje (npr. u bolnici) može biti poželjno da se čitanje ponovi uz veću točnost mjerenja.

dozimetrova poznatih na svjetskom tržištu pokazat će da samo dšepna ionizaciona komora sa kvarcnom niti zadovoljava neke bitnije zahtjeve (osim cijene, temperaturne zavisnosti, zavisnosti o brzini doze i potrebe nabijanja), ali samo za polja čistog gama zraćenja.

Osnova našeg osnovnog koncepta DNN bila je ideja da se razvije DNN sistem tako jednostavan i pouzdan da bi ostao efikasan kroz više godina bez ikakve posebne brige. Tehničko rješenje problema dano je kemijskim dozimetrijskim sistemom klorbenzen-etanol-trimetilpentan (CET) i ličnim akcidentalnim dozimetrom DL-M4, čiji je aktivni dio staklena ampula ispunjena sistemom CET (3,4).

Literatura:

- (1) Nuclear Accident Dosimetry Systems, Proc. of the Panel, 1969, IAEA, Vienna, (1970).
- (2) Dosimetry for Criticality Accidents, A Manual, IAEA Technical Report Series No. 211, IAEA, Vienna (1982).
- (3) Dvornik, I., Miljanić, S., Živadinović, M., Dugonjić, B. i Ranogajec, M. A possible secondary standard for lethal dose measurements in radiological and accident dosimetry. Recent Developments and New Trends in Radiation Protection, Proc. XI Regional Congress of IRPA, Vienna 1983, OVS-Mitteilung 1984/85, Vienna, (1984) 138-143.
- (4) Dvornik, I., Miljanić, S., Ranogajec-Komor, M., Vekić, B. The system of personal nuclear accident dosimetry of photons or mixed neutron plus gamma radiation. Personal Radiation Dosimetry. Proceedings of a Technical Committee Meeting to Elaborate Procedures and Data for the Intercomparison of Personal Dosimeters organized by the IAEA, Vienna, 1985, IAEA-TECDOC-402, Vienna, (1987) 197-205.
- (5) Ainworth, E. J. et al., Radiation Research, 26 (1965) 32-43.
- (6) Bond, V. P. and Robinson, C. V., Radiation Research Supplement I (1967) 265-275.
- (7) Hanks, G. E. et al., Radiation Research, 27 (1966) 397-405.
- (8) Brown, D. G. et al., Health Physics, 21 (1971) 537-545.
- (9) Brown, D. G. and Haywood, F. F., Health Physics, 24 (1973) 627-638.
- (10) Tullis, J. L. et al., Radiology, 52 (1949) 396-400. Am. J. Rentgenology, 67 (1952) 620.
- (11) Taylor, J. F. et al., Radiation Research, 35 (1968) 531-532.
- (12) "Biološki efekti neravnomernya lučevyh vozdejsvij", Daranskaja, N. G. (Redaktor), Atomizdat, Moskva (1974) 49 i "Ekvidozimetrija", I. B. Keirim-Markus, Moskva, Atomizdat, (1980) (na ruskom).
- (13) Ražem, D., Miljanić, S. and Dvornik, I. Chemical Dosimetry. In: Ionizing Radiation: Protection and Dosimetry, Pačić, G. (Editor), CRC Press, Boca Raton, FL, (1988) 157-186.

OSNOVNI SISTEM I KONCEPT LIČNE DOZIMETRIJE FOTONA I NEUTRONA ZA NUKLEARNE NESREĆE. II RADIOBIOLOŠKA OSNOVA I RJEŠENJE OSNOVNOG SISTEMA

I. Dvornik i S. Miljanić
Institut "Ruder Bošković", Zagreb

RADIOBIOLOŠKA OSNOVA RACIONALIZACIJE LIČNE DOZIMETRIJE

Ozračenje čovjeka u većini nuklearnih nesreća karakterizira neravnomjerni raspored doze zračenja po kritičnim organima. Energetski spektar i kvalitetni sastav zračenja (n i gama) obično nije poznat. U tim uslovima postavlja se pitanje da li doza izmjerena dozimetrom može poslužiti za prognozu efekta zračenja.

Ovdje dajemo najbitnije rezultate naših studija radiobiologije većih organizama koji su osnova za racionalizaciju lične dozimetrije u koncepciji osnovnog sistema. Prevođenjem svih radova na standardni dozimetrijski jezik riješen je osnovni problem relacije relativne biološke efektivnosti neutrona na nivou organizma. Ostaje zadatak da se daljnjim studijama preciziraju kvantitativni kriteriji za trijažu.

Odnos između akutnog efekta ozračenja (npr. smrtnosti) kod velikih organizama (veličine slične ljudskom tijelu) i doze zračenja mjerene na površini tijela, u najvećoj mjeri određuje raspored doze po dubini tijela. Površinska doza izražena u tkivo-Gray jedinicama je značajna jer jedino ona može biti mjerena ličnim dozimetrima. U najvažnijim objavljenim studijama akutnog radijacionog efekta (posebno smrtnosti) na velikim životinjama (usp. reference u Tabeli 1.) referentna doza se uglavnom izražava kao "midline air dose" (središnja doza u zraku, SDZ (ICRU Report 30, 1979))* . U tom slučaju $LD_{30/30}$ također se izražava kao središnja doza u zraku koja uzrokuje 50% smrtnosti nakon 30 dana. Drugi autori koriste različite načine izražavanja referentne doze što ima za posljedicu da se vrijednosti LD_{50} (i odgovarajuće vrijednosti RBE) raznih autora ne mogu direktno uspoređivati. Da bismo omogućili usporedbu obradili smo dozimetriju tih radova i preveli je na dozimetrijski jezik potreban za evaluaciju lične dozimetrije.

TABELA 1.

Analizirani su najbolje dozimetrijski dokumentirani objavljeni radovi (5-11) o djelovanju fotona (visokoenergetsko X zračenje) i neutrona (miješana polja s pretežnom komponentom neutronske doze) na pse, svinje i ovce. Iz vrijednosti doza koje su dali autori izvedene su maksimalne površinske

*doza u zraku na mjestu osi tijela, ali u odsustvu tijela

tkivne apsorbirane doze (MPTD) koje bi bile izmjerene tkivu ekvivalentnim ličnim dozimetrom nošenim na tijelu na strani izloženoj zračenju. Nađena je također minimalna tkivna doza unutar tijela i izračunat odnos maksimalne i minimalne tkivne doze (F_n , faktor nejednoličnosti, 6. stupac u Tabeli 1.). U Tabeli 1. sumirani su rezultati ove analize. SDZ u 3. stupcu označava "središnju dozu u zraku", a MPTD u 4. stupcu "maksimalnu površinsku tkivnu dozu". Ako nije drugačije naznačeno (2. stupac), sve doze su $LD_{50/30}$ vrijednosti. U 2. stupcu "X, 1MVp" označava "X zračenje, 1 megavolt potencijal" a "n+gamma, HPRR" znači "neutronske i gama zračenje iz Health Physics Research Reactor-a". 3. i 4. stupac sadrže vrijednosti LD_{50} (lijevo) i odgovarajuće vrijednosti RBE (desno od vrijednosti doza) za SDZ (3. stupac) i MPTD (4. stupac). RBE=1.00 definiran je kao referentna (biološka) efektivnost kakva se dobiva u slučaju bilateralnog ozračenja visokoenergetskim fotonima (sa $F_n=1.1$ do 1.2); odgovarajuće vrijednosti LD_{50} (npr.: za pse SDZ=319, ili MPTD=260) su referentne doze za računanje RBE (za druge geometrije ozračenja ili izvore zračenja) za istu životinju. Npr. za psa: unilateralno ozračenje X zrakama daje $RBE=260/490=0.53$. U 5. stupcu dana je geometrija - unilateralno ili bilateralno, u 6. stupcu F_n , a u 7. stupcu reference.

Velika razlika između vrijednosti SDZ i MPTD je vrlo značajan nalaz: ona pokazuje važnost primjene MPTD u ličnoj nuklearnoj akcidentalnoj dozimetriji kao i radiobiološkim studijama, posebno kada se njihovi rezultati koriste za ekstrapolaciju sa životinja na ljude. Utjecaj geometrije ozračenja i faktora F_n na LD_{50} je jasan samo sa MPTD. Učinak smanjenja doze sa dubinom u tijelu (izražena također dobrom korelacijom F_n sa MPTD ili RBE_{MPTD}) u skladu je sa drugim studijama efekta F_n (12). Te studije također pokazuju da je učinak gotovo identičan za različite životinje, pa dosljedno tome mora vrijediti i za čovjeka. Veće dimenzije tijela (svinja) daju viši F_n i prema tome niže vrijednosti RBE_{MPTD} za neutrone koji se u tijelu efikasnije atenuiraju. Zaključak relevantan za osnovni koncept DNN je: RBE_{MPTD} neutrona je za akutne efekte (akutna bolest i smrtnost) u prvoj aproksimaciji jednak onome za fotone (ili nešto niži). Male razlike su zanemarive u usporedbi sa statističkom varijabilnošću odnosa doza-elekt (uzrokovanom različitim individualnom osjetljivošću, različitim geometrijama ozračenja itd.) u stvarnim akcidentalnim situacijama. Poznavanje ukupne neutronske i gama tkivne apsorbirane doze (MPTD, ili maksimalne i minimalne doze) dovoljno je za brzu trijažu ozračenog osoblja pod uvjetom da se takva dozimetrijska informacija dobije odmah.

OSNOVNI SISTEM

Sve zahtjeve, kako su ovdje sumirani, u bitnoj i dovoljnoj mjeri zadovoljava komercijalno pristupačni lični dozimetar DL-M4 (3,4,13). Konstruiran je da

zadovolji potrebe lične dozimetrije u slučaju katastrofalnog nuklearnog udesa. Već 1969.g. predložen je kao potencijalni tkivu ekvivalentni lični dozimetar neutrona i fotona (1). Kasnije, eksperimenti interkomparacije i kalibracije obavljani tokom više godina u suradnji s najboljim dozimetrijskim laboratorijima svijeta, pokazali su da je signal po jedinici tkivne doze u dovoljnoj mjeri jednak za fotone i neutrone (unutar eksperimentalne greške od oko 10%) i neovisan o energetskom spektru u opsegu relevantnom za DNN (4,13). Dozimetar je dobro karakteriziran i predložen je za novi sekundarni standard tkivu ekvivalentne dozimetrije fotonskog i miješanog polja, kao i za prijenosni (transfer) dozimetar (3,4,13). To je bilo moguće zahvaljujući stabilnosti i odličnoj reproducibilnosti individualnih svojstava dozimetra i čitača. Stabilnost kalibracije komercijalno proizvedenih dozimetara i čitača potvrđena je tokom deset godina. Očitavanje doze pomoću preciznog vizuelnog kolorimetra ČDL-M4 (neovisnog o izvoru energije) omogućava brzo mjerenje s točnošću dovoljnom za hitne potrebe (100 očitavanja na sat), kao i veoma točnu dozimetriju, kada to vrijeme dozvoljava, prema "cilju (ii)" DNN (3). Dozimetar je neovisan o brzini doze od 10^{-6} do 10^6 Gy s^{-1} . Jednostavnost očitavanja, stabilnost signala prije i poslije ozračenja, dug vijek trajanja, visoka statistička točnost rezultata i pristupačnost čine ovaj sistem općenito upotrebljivim kao osnovni lični dozimetar za svakog člana populacije. Tehnički razvoj (u toku) teži daljnjem poboljšavanju njegovih svojstava u slučaju generalne primjene za individualnu trijažu ugroženog stanovništva. Dodatak TL detektora neosjetljivog na neutrone (^7LiF , ili slično) dalje poboljšava doprinos ovog sistema u "cilju (ii)" DNN. Sva ova svojstva čine ovaj osnovni DNN sistem prijeko potrebnim dodatkom dobro poznatim lokalno upotrebljivim DNN sistemima.

ABSTRACT

All requirements for the basic concept and system of personal nuclear accident dosimetry, taking account the radiobiological background, are summarized. It was concluded that for the urgent scope - to supply prompt dose data, all requirements are satisfied by the commercially available personal dosimeter DL-M4 measuring the total n+gamma tissue dose. For the long range one - to supply as complete as possible dosimetry data, the addition of the neutron insensitive TL chip will be necessary.

Literatura dana u prethodnom radu.

Tabela 1. Relativna biološka efikasnost središnje doze u zraku ili maksimalne površinske tkivne doze gama ili miješanog n+gama zračenja za velike životinje ovisno o dubinskoj raspodjeli doze (izraženo kao faktor nehomogenosti $F_n = D_{max}/D_{min}$). Sve doze (3. i 4. stupac) su vrijednosti LD₅₀.

Životinja	Zračenje	SDZ* RBE (SDZ)	MPTD** RBE (MPTD)	Geometr. F _n *** zrač.	F _n ***	Ref	
1	2	3	4	5	6	7	
Pas	X, 1MV _p	384	0.83	490	0.53	unilat.	3.2
		319	1.00	260	1.00	bilater.	1.1
	n+gama	377	0.85	425	0.61	unilat.	3.7
	Triga	338	0.94	240	1.08	bilater.	1.2
Svinja	X, 2MV _p	500	0.75	574	0.47	unilat.	4.4
		375	1.00	270	1.00	bilater.	1.2
	X, 1MV _p	510	0.74	340	0.79	bilater.	1.4
	n+gama	860	0.44	1025	0.26	unilat.	6.0
	HPRR	820	0.46	564	0.48	bilater.	2.5
	LD _{50/30}						(6,8, 9,10)
	n+gama	/	/	655	0.41	unilat.	6.0
	HPRR	/	/	517	0.52	bilater.	2.5
	LD _{50/100}						
	n, 14MeV	585	0.64	444	0.61	bilater.	/
LD _{50/30}							
Ovca	X, 1MV _p	299	0.84	365	0.47	unilat.	?
		252	1.00	178	1.00	bilater.	1.2
	gama, ⁶⁰ Co	237	1.06	171	1.04	kvadril.	1.2

*SDZ = Središnja doza u zraku (cGy ili rad) (LD_{50/30})

**MPTD = Maksimalna površinska tkivna doza (cGy ili rad) (LD_{50/30}) (u jednom slučaju LD_{50/100})

***F_n = Omjer: maksimalna tkivna doza/minimalna doza unutar tijela

D. Nikezić

Prirodno matematički fakultet, Institut za fiziku - Kragujevac

PRORAČUN DOZE U PLUĆIMA OD UDAHNUKIH ALFA EMITERA

Abstract

U ovom referatu su date neke osnovne karakteristike matematičkog modela ljudskih pluća, koji je namenjen računanju ekvivalentne doze u traheo-bronhijalnom traktu od udahnutih radonovih potomaka. Krajni rezultat primene ovog modela je doza u T-B stablu po jediničnom izlaganju radonovim potomcima. Predstavljeni model potvrđuje vrednost konverzionog koeficijenta od 5mSv/WLM.

Uvod

Inhalacija radona i njegovih kratkoživećih potomaka izaziva dozu koja u normalnim uslovima prevazilazi dozu od svih ostalih komponenti prirodnog zračenja. Procena doze u plućima od udahnutih radonovih potomaka nije lak problem. Postoji veći broj faktora koji utiču na dozu i u krajnjoj liniji na ukupni rizik, a koje nije moguće uvek znati sa dovoljnom tačnošću.

Postoje dva pristupa proračunu doze u plućima od udahnutih alfa emitera. Prvi pristup je; primeniti informacije dobivene iz korelacije viška plućnih kancera kod rudara i izlaganja radonovim potomcima u rudnicima, na unutar kućno izlaganje stanovništva (uzimajući u obzir drugačije uslove ozračivanja). Ovaj pristup je doveo do konverzionog faktora od 5mSv/WLM, /UN 82/. Ovde je potrebno napomenuti da je primena informacija izvedenih iz pomenute korelacije kontraverzna i otežana iz više razloga, (drugačiji; uslovi ozračivanja i starostna i polna struktura ozračenih).

Drugi alternativni pristup proceni pomenutog konverzionog koeficijenta je zasnovan na količniku apsorbirane doze u ćelijama bronhijalnog stabla u uslovima ozračivanja u rudnicima i u zatvorenim prostorijama. Ovaj pristup je doveo do vrednosti od 12mSv/WLM, /Ha 81/.

U ovom radu je razvijen jedan dozimetrijski model koji omogućuje proračun konverzionog koeficijenta između efektivne ekvivalentne doze i izlaganja radonovim potomcima. U sledećoj tački ovog rada su date njegove osnovne karakteristike.

Dozimetrijski model

Različiti dozimetrijski modeli se razlikuju u više aspekata po kasnije navedenim problemima. Van opsega ovog rada je detaljno iznošenje razlika u polaznim pretpostavkama i krajnjim rezultatima; ovi modeli su upoređivani u /Ja 84/.

Dozimetrijski model razvijen za potrebe proračuna doze u plućima od udahnutih radonovih potomaka se sastoji iz sledećih internih koraka:

- matematički tretman depozicije aerosola na zidovima vazdušnih puteva u T-B traktu,
- geometrijski model T-B stabla i pulmanornog dela,
- biološki model transporta nataloženih radonovih potomaka, čišćenjem ili prenosom u krv,
- biološki model raspodele ćelija mete,
- proračun apsorbovane energije (doze) u osetljivom sloju.

Depozicija radonovih potomaka u respiratornom traktu je problem koji se proučava već više od 40 godina; najstarija nađena referenca je /La 50/. Glavni mehanizam taloženja radioaktivnih aerosola u T-B stablu je "sedimentacija" i u ovom radu je računata po Gormley-Kennedy-jevoj jednačini /Go 49/. Ova jednačina daje deo aerosola određenog dijametra, koji se zadrže u cevi datog poluprečnika i dužine, ako se kroz tu cev kreću sa vazduhom poznatom brzinom.

Geometrija T-B stabla je dosta komplikovana i menja se od pojedinca do pojedinca. Ovde je primenjivan poznati nesimetrični Yeh-Schum-ovm model ljudskih pluća /Ye 80/. Ovaj model uzima u obzir da se desno plućno krilo sastoji iz tri, a levo iz dva režnja (lobe), što predstavlja dodatnu komplikaciju pri računanju.

Radonovi potomci nataloženi u T-B stablu se mogu raspasti, preneti u krv, ili preneti prema gornjim delovima T-B stabla mehanizmom čišćenja (pokretanjem sloja mukusa). Vreme poluprenosa u krv je uzeto da je jednako 3^h /Ho 82/. Brzina pokretanja mukusa je zavisna od generacije bronhije i preuzeta je iz reference /Ha 72/.

U više studija je dokazano da je sloj bazalnih ćelija u bronhijama najosetljiviji na zračenje. Najveći deo plućnih kancera potiče baš iz ovog sloja. Razlog za to je što se ćelije ovog sloja vrlo brzo razmnožavaju. U ovom radu je računata doza jednog

u ovom sloju. Uzeto je da su radioaktivni aerosoli homogeno raspoređeni u sloju mukusa. Rastojanje od mukusa do biološki osetljive mete (sloja bazalnih ćelija), je zavisno od debljine sloja epitela i zavisi od generacije bronhije. Debljina epitela za razne generacije bronhija (bronhiola) je preuzeta iz reference /Ga 72/.

Prema iznetom, četiri procesa su odgovorna za aktivnost radonovih potomaka u T-B stablu. To su taloženje, raspad čišćenje i prenos u krv. Svi ovi procesi rezultuju u uspostavljanju ravnotežne aktivnosti u svakoj bronhiji. Potrebno je izračunati ovu ravnotežnu aktivnost. Za to je potrebno postaviti i rešiti niz linearnih diferencijalnih jednačina koje predstavljaju balans pomenutih procesa.

Sam model ljudskih pluća, čije su osnovne karakteristike date u prethodnom tekstu, se sastoji iz dva programa "KKOEF" i "PLDOZ". U prvom od njih, koji je stohastičke prirode, obavlja se simulacija kretanja alfa čestica u sistemu "bronhija" i računa se apsorbovana energija u bazalnom sloju. Kao rezultat, dobiva se apsorbovana doza u sloju bazalnih ćelija po jednoj emitovanoj alfa čestici. Računanja su obavljena za svih 5 režnja T-B stabla za svaku bronhiju i za energije od 7,69 MeV i 6,0 MeV.

Drugi program "PLDOZ" je determinističkog tipa i sadrži u sebi modele taloženja radioaktivnih aerosola u T-B traktu, čišćenja, prenosa u krv kao i model ponašanja slobodnog RaA. Kao krajnji rezultat dobiva se apsorbovana doza u bronhijama po jediničnom izlaganju radonovim potomcima. Ova veličina je nazvana "alfa dozni faktor", i izračunata je za svih 5 režnjeva T-B stabla. Jedina referenca gde su dati alfa dozni faktori je /Ha 84/; poređenja sa ovim rezultatima pokazuju izvesne razlike koje potiču od različitih polaznih pretpostavki pri računanjima. Ovo se pre svega odnosi na drugačiju pretpostavljenu debljinu epitelnog sloja; u referenci /Ha 84/ je uzeto da je debljina epitela konstantna za celo T-B stablo i iznosi 22 μ m, dok je u našem radu korišćena već pominjana Gastineau-ova raspodela /Ga 72/.

Model omogućuje proučavanje zavisnosti alfa dozni faktora od različitih parametara, kao što su brzina i učestanost disanja, nepripojenog dela RaA, faktora ravnoteže, dijametra aerosola i td.

Jedan rezultat dozimetrijskog modela i zaključak

Izračunata je efektivna ekvivalentna doza po jedinici izlaganja radonovim potomcima. Pri tome je uzeto da je faktor kvaliteta za alfa zračenje $Q=20$ i da je težinski faktor za respiratorni trakt $w_r = 0,12$. Ova vrednost w_r je suma dva člana, od w_t i w_p , gde se prvi odnosi na T-B stablo, a drugi na sama plućna krila. Pojedinačne vrednosti ovih parametara su sporne, i može se uzeti da se w_t nalazi između 0,06 i 0,12. Primena niže vrednosti za w_t dovodi do konverzionog koeficijenta od 3,25 mSv/WLM, a primena više vrednosti do 6,5 mSv/WLM. Srednja vrednost je 4,8mSv/WLM. Ova vrednost je vrlo bliska preporučenoj vrednosti od 5mSv/WLM od strane UNSCEAR-a /UN 82/, i može se reći da ovaj rad potvrđuje tu vrednost.

REFERENCE

- Ga 72 Gastineau R.M., Walsh P.J., Underwood N.; Health Physics, 23, p 857,1972
Go 49 Gormley P.G., Kennedy M.; Proc. R. Irish Acad. A 52,163, 1949
Ha 72 Harley N.H., Pasternack B.S.; Health Physics 23, p.771., 1972
Ha 81 Harley N.H., Pasternack B.S.; Health Physics 40, p.307, 1981
Ha 84 Harley N.H.; Rad. Prot. Dosim. 7, p.371 1984.
Ho 82 Hofmann W.; Health Physics 43, p.331, 1982
Ja 84 James A.C.; Rad. Prot. Dosim. 7, p.353, 1984
La 50 Landahl H.D.; Bull. Math. Biophys. 12, p.43, 1963
Ye 80 Yeh H.C., Schum G.M.; Bull. Math. Biol. 42, p.461, 1980
UN 82 UNSCEAR 82 report to the General Assembly, Annex D, UN New York 1982

LUNG DOSE CALCULATIONS FOR INHALED ALPHA EMITERS

D.Nikezić

A mathematical lung model, for equivalent dose calculation, is described in this paper. Results of this model are in good agreement with data from /UN 82/.

ODREĐJIVANJE EKVIVALENTNE DOZE ZRAČENJA OD RADONA I
POTOMAKA POMOĆU ČVRSTOG DETEKTORA NUKLEARNIH TRAGOVA

Planinić, J. i Faj, Z.

Pedagoški fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek

SAŽETAK

Istražen je odnos između ravnotežnog faktora F radona i potomaka i gustoće tragova otvorenog (D) i filtriranog (D_0) detektora nuklearnih tragova (LR-115), te je dobivena pripadna funkcija $F(D/D_0)$. Pomoću mjerenja gustoće tragova alfa čestica i pripadnog faktora F određena je ekvivalentna doza zračenja od radona i potomaka u zraku koja je za grad Osijek imala vrijednost $0,35$ mSv/god u 1986. godini.

UVOD

Ekvivalentna doza zračenja od atmosferskog radona ^{222}Rn (s konstantom α raspada, $\lambda_0 = 2,093 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$) i njegovih kratkoživućih potomaka ^{218}Po ($\alpha, \lambda_1 = 3,788 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$), ^{214}Pb ($\beta, \alpha_2 = 4,311 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$), ^{214}Bi ($\beta, \lambda_3 = 5,864 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$) i ^{214}Po ($\alpha, \lambda_4 = 4,234 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$), može biti određena ako su poznate njihove koncentracije aktivnosti u zraku c_j ($j = 0, 1, 2, 3, 4$)¹. Koncentracija alfa aktivnosti smjese radionuklida u zraku može se odrediti pomoću čvrstog detektora nuklearnih tragova, ali njihove koncentracije pojedinačno nije moguće jednostavno odrediti ili to uopće nije moguće odrediti pomoću običnog detektora tragova. U pojednostavljenom slučaju, ekvivalentna doza se dobije množenjem koncentracije radona s konverzionim faktorom ekvivalentne doze, ali takav postupak ne uključuje različite koncentracije radonovih potomaka u zraku. Stoga je potrebno za procjenu doze uvesti ravnotežni faktor F radona i potomaka, čime se onda standardizira mjerenje koncentracije radona i potomaka.

TEORIJSKI POSTUPAK

Ravnotežni faktor F jednak je omjeru ekvivalentne ravnotežne koncentracije radona (c_e) i postojeće koncentracije radona u zraku (c_o), odnosno:

$$F = \frac{c_e}{c_o} \quad (1)$$

gdje je c_e koncentracija radona u ravnoteži s njegovim potomcima koji imaju istu koncentraciju potencijalne alfa energije (u) kao dana neravnotežna smjesa radonovih potomaka u zraku²⁾. Koncentracija potencijalne energije određena je slijedećom jednačinom:

$$u = \sum_{j=1}^4 \frac{c_j}{\lambda_j} E_j \quad (2)$$

gdje E_j označuje potencijalnu alfa energiju za j -ti radonov potomak. Kada je $c_j = c_e$, za svaki $j = 1, 2, 3, 4$, uz vrijednosti energija alfa raspada $E_1 = 13,6896$ MeV i $E_2 = E_3 = E_4 = 7,6870$ MeV, pomoću jednačini (1) i (2) dobije se slijedeći izraz za ravnotežni faktor:

$$F = (f_1 c_1 + f_2 c_2 + f_3 c_3) / c_o, \quad (3)$$

gdje pojedini faktori imaju vrijednosti $f_1 = 0,105$, $f_2 = 0,516$ i $f_3 = 0,380$.

Ako je određen F , npr. pomoću jednačine (3) i uz mjerenja koncentracija pojedinih radonovih potomaka koristeći metodu filtera i scintilacijski brojač, onda se efektivna ekvivalentna doza zračenja (H) od radona i njegovih potomaka može procijeniti na slijedeći način:

$$H = d_o c_o + d_e c_e \quad (4)$$

ili, koristeći jednačinu (1),

$$H = c_o (d_o + d_e F) \quad (5)$$

gdje konverzioni faktori za efektivnu ekvivalentnu dozu od radona i njegovih potomaka imaju vrijednosti $d_0 = 0,33 \mu\text{Sv god}^{-1}/\text{Bq m}^{-3}$ 1) i $d_1 = 80 \mu\text{Sv god}^{-1}/\text{Bq m}^{-3}$ 3).

EKSPERIMENTALNA METODA

Kada se koristi pasivni detektor nuklearnih tragova s otvorenom i filtriranom detektorskom posudom, onda se ravnotežni faktor F može odrediti pomoću funkcije slijedećeg oblika⁴⁾:

$$F = a \cdot e^{(bD/D_0)} - d \quad (6)$$

gdje su D i D_0 gustoće tragova otvorenog i filtriranog detektora, dok navedenim parametrima pripadaju vrijednosti $a = 0,125$, $b = 0,772$ i $d = 0,271$. Dana funkcija izvedena je uz pretpostavku da kroz detektorski filter od promatranih radionuklida prolazi samo plinoviti radon, te da detektor ima podjednaku osjetljivost za radon i potomke. Kako za detektor osjetljivosti K vrijedi:

$$D_0 = K c_0 \quad (7)$$

konačno se iz jednažbi (5), (6) i (7) dobije pogodna formula za računanje godišnje ekvivalentne doze zračenja od radona i njegovih potomaka:

$$H = (D_0/K) [d_0 + d_1 a e^{(bD/D_0)} - d_1 d] \quad (8)$$

REZULTATI MJERENJA

Mjerenja koncentracije alfa aktivnosti radona i potomaka u zraku izvedena su pomoću otvorenog i filtriranog detektora obujma $0,2 \text{ dm}^3$ u kojem se nalazio film LR-115, tip 2, proizvodnje Kodak-Pathé. Uz standardno jetkanje i mikroskopiranje detektorskog filma određene su neto gustoće tragova, koje su imale

srednje vrijednosti u toku 1986. godine $D_{O1} = 0,4687 \text{ tr cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$, $D_1 = 1,1343 \text{ tr cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ u podrumskoj prostoriji stambene zgrade Blokcentra u Osijeku, i $D_{O2} = 0,2083 \text{ tr cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$, $D_2 = 0,3791 \text{ tr cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ u otvorenoj atmosferi. Za osjetljivost detektora $K = 20 \text{ Bq m}^{-3} / \text{tr cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ i navedene podatke, formula (8) dala je efektivnu ekvivalentnu dozu $H = 350 \mu\text{Sv god}^{-1}$, koja je izračunata uz uvjet da 80% vremena osoba provodi u promatranoj prostoriji. Pripadne vrijednosti ravnotežnog faktora izračunate pomoću jednadžbe (6), iznosile su $F_1 = 0,55$ i $F_2 = 0,25$.

ABSTRACT

The theoretical relationship between the equilibrium factor F of the radon and its daughters and the track densities of the open (D) and filtered (D_0) SSNT detector (LR-115) was examined. By means of the derived function $F(D/D_0)$ and measured track densities in the air of the town Osijek, the annual effective dose equivalent was calculated that was 0.35 mSvy^{-1} in 1986. year.

LITERATURA

- 1) MAURICIO C, TAUHATA L. and BERTELLI L. Internal dosimetry for radon and radon daughters, *Radiat. Prot. Dosim.* 1985; 11:249-255.
- 2) SWEDJEMARK G.A. The equilibrium factor F , *Health Phys.* 1983; 45:453-462.
- 3) WHO WORKING GROUPE Indor air quality: Radon, *J. Environ. Radioactivity* 1988; 8:73-91.
- 4) PLANINIC J. and FAJ Z. The equilibrium factor F between radon and its daughters, *Nucl. Instrum. Meth.* 1989; (in press).

PRENOSNI MERAČ GAMA I X ZRAČENJA SA JONIZACIONOM KOMOROM*

Šobajić M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

SADRŽAJ: Opisan je prenosni merač sa jonizacionom komorom namenjen za merenje gama i X zračenja i detekciju beta zračenja. Instrument omogućava merenja jačine ekspozicione doze i ekspozicione doze. Ostvaren je sa novim tipom elektrometarskog pojačavača koji koristi FET komponente (umesto MOS FET) sa temperaturno kompenzovanom ulaznom odvodnom strujom.

UVOD

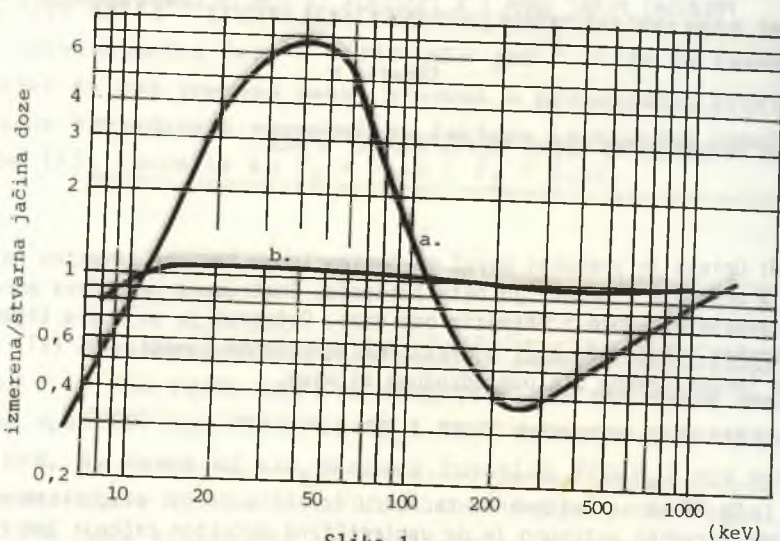
Da bi se sa zahtevanom tačnošću izmerila jačina ekspozicione doze u određenoj sredini potrebno je da upotrebljeni detektor zračenja ima ravnu energetska karakteristiku u opsegu prisutnih energija. Problemi energetske odgovora detektora postaju naročito izraženi u području energije nižih od 200 keV. Detektori kao što su GM cevi i scintilacioni detektori su npr. idealni za otkrivanje radioaktivne kontaminacije ili otkrivanje prisutnosti povećanog zračenja ali samo u onim slučajevima gde tačnost merenja jačine ekspozicione doze nije od bitnog značaja. Za merenje jačine ekspozicione doze zračenja sa ovim detektorima potrebno je poznavanje ne samo energetske odgovora detektora već i energetske distribucije izvora zračenja. Energetska karakteristika jonizacione komore je u odnosu na druge detektore zračenja daleko ravna, posebno u oblasti niskih energija. Zbog toga, kada se koriste jonizacione komore dobijaju se rezultati merenja jačine ekspozicione doze daleko bliži realnoj vrednosti nekog kod korišćenja drugih detektora zračenja. Na slici 1. je iz literature /1/ prikazana krivom a. energetska zavisnost karakteristike GM brojača (tip 1B85 ugradjenog u uređaj Victoreen Model 489-4) a krivom b. energetska zavisnost kod jonizacione komore (ugradjene u uređaj Tech. Associates Model "Cutie Pie"). Poredjenjem ovih krivih vidi se ogromna prednost jonizacione komore. Treba još napomenuti da su scintilacioni detektori i proporcionalni brojači u pogledu energetske karakteristike lošiji i od GM cevi.

Jonizacione komore su u mernoj dozimetrijskoj instrumentaciji relativno malo zastupljene. Osnovni razlog je što se pri malim jačinama ekspozicionih doza iz jonizacionih komora dobijaju ekstremno male jednosmerne struje koje je i najsavremenijom mernom tehnikom teško meriti.

Osetljivi merač zračenja sa jonizacionom komorom zahteva upotrebu pojačavača vrlo malih jednosmerne struje vrhunskih karakteristika. Za izradu pojačavača upotrebljavale su se kao aktivni ulazni elementi elektrometarske

*Rešenje je zaštićeno u Saveznom Zavodu za patente

cevi a danas se u svetu koriste isključivo tranzistori sa izolovanim gejtom (MOS FET tranzistori).



Slika 1.

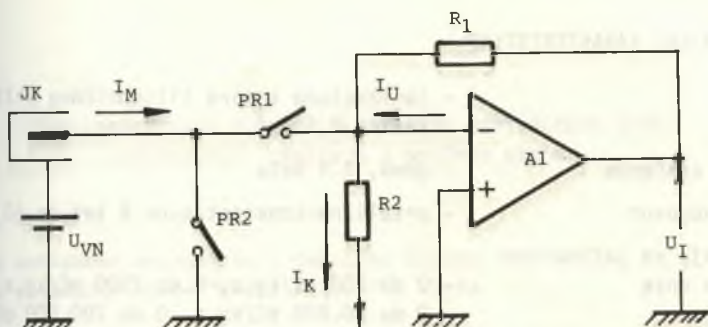
U realizaciji ovde opisanog prenosnog merača zračenja PD-4 primenjeno je prvi put u svetu jedno novo rešenje, koje omogućava kod pojačavača sa FET tranzistorima kao aktivnim ulaznim elementima smanjenje ulazne odvodne struje za više od dva reda veličine u odnosu na osnovni upotrebljeni pojačavač. Sa ovim elektrometarskim kolom izradjen je prototip i "nulta" serija merača zračenja model PD-4.

REŠENJE ELEKTROMETARSKOG KOLA

Osnovna ideja u realizaciji je bila da se iskoriste sve prednosti FET pojačavača (mali ofset napon, mali temperaturni drift ofset napona, mala potrošnja struje, itd) i da se izvrši smanjenje ulazne odvodne struje na nivo koji poseduju MOS FET elektrometarski pojačavači.

Da bi se ovo ostvarilo potrebno je obezbediti sledeće: a) Treba generisati u "-" ulaz pojačavača struju približno istog intenziteta a suprotnog polariteta od ulazne odvodne struje pojačavača; b) Kako je ulazna odvodna struja pojačavača sa FET tranzistorima promenljiva sa temperaturom potrebno je, u cilju odgovarajuće kompenzacije u širem temperaturnom intervalu, da i generisana struja bude što približnije promenljiva sa temperaturom na isti način kao i ulazna odvodna struja pojačavača, c) Treba obezbediti mogućnost da se u toku rada pojačavača može izvršiti kontrola kompenzovanosti ulazne odvodne struje i da se može prema potrebi izvršiti njeno podešavanje na "nultu" vrednost.

Osnovna šema na kojoj je objašnjen princip rada novog rešenja prikazana je na slici 2.



Slika 2.

Izvršeno je na šemi sledeće označavanje:

JK - jonizaciona komora;

U_{VN} - izvor visokog napona;

PR1, PR2 - relea sa visokom izolacionom otpornošću;

A1 - FET pojačavač;

R_1 - merni visokooski otpornik na kome struja iz pretvarača stvara pad napona U_I koji se meri na izlazu pojačavača A1;

I_U - ulazna odvodna struja pojačavača A1

R_2 - visokooski otpornik kroz koji prolazi struja I_K kojom se vrši kompenzacija ulazne odvodne struje I_U pojačavača A1

U novom rešenju kompenzaciona struja se generiše preko visokooskog otpornika. Temperaturno promenljiva struja kroz ovaj otpornik se ostvaruje priključenjem otpornika na temperaturno promenljivi izvor jednosmernog napona, čiji se temperaturno osetljivi elementi nalaze u termičkom spoju sa FET pojačavačem, tako da se nalaze praktično na istoj temperaturi.

Provera kompenzacije ulazne odvodne struje (I_U) osnovnog FET pojačavača (A1), odnosno podešavanje "nule" odvodne struje pojačavača, ostvaruje se odvajanjem pojačavača od merenog strujnog izvora (JK) pomoću visokoizolacionih relea (PR1, PR2). Pri tome se vrši promenom kompenzacionog napona podešavanje kompenzacione struje (I_K) kroz visokooski otpornik (R_2). Iz gore navedenog sledi da se vrši kontrola i podešavanje "nule" ulazne odvodne struje pojačavača, čime se ovo rešenje bitno razlikuje od svih do sada poznatih elektrometarskih pojačavača kod kojih se, kao što je to dobro poznato, uvek samo podešava "nula" ofset napona pojačavača. Drugim rečima, ostvaren je elektrometrijski pojačavač sa stabilnim ofset naponom i vrlo malom temperaturno stabilnom ulaznom odvodnom strujom

Ekperimenti su pokazali da je sa ovakvim pojačavačem lako ostvariti ulaznu odvodnu struju manju od $3 \times 10^{-15} \text{A}$, u širem temperaturnom intervalu. Vremenski period posle koga je nakon uključenja napajanja pojačavač spreman za rad je znatno kraći nego kod MOS FET pojačavača. Vremenski period posle koga treba izvršiti podešavanje "nule" je duži nego kod MOS FET pojačavača. Efekti "pamćenja" promene ulaznog napona su svedeni na minimum. Izrada pojačavača je jednostavna, reproducibilnost dobra, a cena relativno niska. Za razliku od primene MOS FET pojačavača kod predloženog rešenja opasnost od proboja (uništenja), zbog uticaja statičkog elektriciteta ili pogrešnog rukovanja, naročito pri izradi i kasnije servisiranju, je svedena na minimum.

OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Detektor	- jonizaciona komora cilindričnog oblika zapremine 0,5 dm ³
Detektovano zračenje	- gama, X i beta
Energetski odgovor	- približno konstantan od 8 keV do 10 MeV
Opsezi merenja za jačinu ekspozicione doze	- 0 do 200 pC/kg.s, 0 do 2000 pC/kg.s 0 do 20.000 pC/kg.s, 0 do 200.000 pC/kg.s (u starim jedinicama 0 do 3 mR/h, 0 do 30 mR/h, 0 do 300 mR/h i 0 do 3 R/h)
Vremenska konstanta	- jedna sekunda
Opsezi merenja za ekspozicionu dozu	- 0 do 200 pC/kg i 0 do 2000 pC/kg (u starim jedinicama 0 do 3 mR i 0 do 30 mR) ili po želji bilo koje dve susedne dekade od 0,1 mR do 10 R
Vreme uspostavljanja stacionarnog režima posle isključenja napajanja	- manje od 30 sekundi
Napajanje	- dve baterije po 1,5 V tipa IEC R20

LITERATURA

- /1/ J.G.Bellian: "Limitations of health physics instrumentation" Victoreen Instrument Div., Report 8027A-3, 1972.
- /2/ M.V.Šobajić: "Novo rešenje za merenje vrlo malih jednosmernih struja", Zbornik jugoslovenske konferencije za električna merenja JUKEM, Split, 1988, str. 101-104.

ABSTRACT

PORTABLE GAMMA - X DOSEMETER PD-4

A portable gamma and X radiation survey meter using ionization chamber is described. Instrument is intended for dose and dose rate measurement. Electrometer circuit is realized with new type of amplifier using FET components (instead MOS FET) where input leakage current is temperature compensated.

DVOPARAMETARSKA FORMULA SLABLJENJA EKVIVALENTA DOZE NEUTRONSKOG ZRAČENJA U OBIČNOM BETONU

Simović R., Staničić V., Marinković N.

Institut za nuklearnu energetiku i tehničku fiziku "NET"

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

1. UVOD

U radu /1/ koji je prethodio ovome, potvrdilo se da je slabljenje ekvivalenta doze u betonu funkcija eksponencijalnog tipa čiji su argumenti gustina vode u betonu (za neutrone), ili gustina betona (za gama zračenje). Ipak, od ovog pravila odstupa, u manjoj ili većoj meri, jedan broj običnih betona tako da se može preporučiti standardna elementarna eksponencijalna funkcija za univerzalni model slabljenja ekvivalenta doze u betonu. Na sličan zaključak navode i rezultati koji se mogu naći u savremenoj literaturi /2,3/.

Proračun slabljenja neutronske fluksa i doza u zaštitnim materijalima ne može se obaviti bez odgovarajućeg računarskog programa, ni na nivou inženjerskog proračuna. Korišćenje čak i jednostavnijih programa kao što su oni koji koriste difuzionu teoriju sa presekom za uklanjanje zahteva znatan nivo specijalizacije. Budući da uobičajena neodređenost u poznavanju nuklearnih preseka za neutrone (3%-5% u najboljem slučaju) generiše neizbežnu grešku u proračunu, opšte je prihvaćeno da fluks neutrona ili ekvivalent doze neutrona na površini reaktorskog štita budu izračunati sa relativnom greškom i do 200% /4, 5/. Imajući sve ovo u vidu u ovom radu je predložena dvoparameterska forma slabljenja ekvivalenta doze neutrona koja daje rezultate zadovoljavajuće tačnosti za obične betone gustine od 2,2-2,5 g/cm³, sa hemijski vezanom vodom u betonu gustine od 0,04-0,2 g/cm³.

2. DVOPARAMETARSKA FORMULA

Neodređenosti u gustini i sastavu betona predstavljaju faktore koji u najvećoj meri utiču na procenu ekvivalenta doze. To zahteva da se izvrše proračuni koji uzimaju u obzir toleranciju pomenutih faktora. Metode analize osetljivosti /6/ omogućavaju procenu neodređenosti zadatog integralnog parametra (na primer, ekvivalent doze) u zavisnosti od neodređenosti komponenti (na primer, gustina materijala). Ako $F(d, \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$ označava faktor slabljenja ekvivalenta doze neutronske zračenja u betonu debljine d u zavisnosti od gustine materijala ρ_i ($i=1, 2, \dots, n$), tada je koeficijent osetljivosti ekvivalenta doze u odnosu na neodređenost parametra ρ_i (gustina komponente i) definisan sa

$$S_i = \Delta \ln F / (S \Delta \rho_i) \quad (1)$$

Uobičajeno je da se slabljenja ekvivalenta doze neutrona prikaže jednoparameterskom eksponencijalnom funkcijom sa relaksacionom dužinom doze neutrona kao koeficijentom u eksponentu. Relaksaciona dužina za tipične nuklide koji ulaze u sastav zaštitnih materijala tabelisana je za određene energetske opsege neutrona. I pored jednostavnog modela određivanja faktora slabljenja doze neu-

trona, za korisnike, koji nisu specijalisti u ovoj oblasti, korišćenje ovog modela je glomazno i nedovoljno tačno. Osim toga ne pokazuje neposredno kolike su tolerancije u faktoru slabljenja doze s obzirom na varijaciju komponente.

Imajući u vidu opštu eksponencijalnu zavisnost koja je potvrđena u ranijem radu /1/, mogu se definisati dva koeficijenta osetljivosti

$$\alpha = -\Delta \ln F / d\Delta \rho_b, \quad (2)$$

$$\beta = -\Delta \ln F / d\Delta \rho_v, \quad (3)$$

gde su d -debljina betona, ρ_b i ρ_v gustina betona i gustina vezane vode u betonu, respektivno.

Poznavajući α i β , faktor slabljenja ekvivalenta doze neutronskega zračenja dobija se prema dvoparametarskoj formuli:

$$F(d) = e^{-\alpha d \rho_b} e^{-\beta d \rho_v} \quad (4)$$

Nizom proračuna izvršenih programom SABINE-3 /7/ određeni su faktori slabljenja 10 standardnih betona koji imaju različite gustine betona i gustine vezane vode u betonu. Metodom najmanjih kvadrata izračunati su parametri

$$\alpha = 0.03479 \text{ cm}^2/\text{g}, \quad (5)$$

$$\beta = 0.13453 \text{ cm}^2/\text{g}. \quad (6)$$

3. ANALIZA REZULTATA

U Tabeli 1 i na Slici 1 prikazana su slabljenja ekvivalenta doze neutronskega zračenja pri prolazu kroz obične betone različite gustine i materijalnog sastava /1/. Verovatna relativna greška proračuna po formuli (4) upoređena sa rezultatima dobijenim programom SABINE-3 iznosi 22,0% sa tolerancijom $\pm 11\%$. Maksimalna verovatna greška iznosi 44% i ispod je dopuštenih granica za ovu vrstu proračuna. Valja uočiti da ova odstupanja rezultata proizvode grešku u projektovanju štita reaktora oko 1%.

Moguća su poboljšanja ovih rezultata u dva pravca: proširenjem "baze podataka", to jest uključivanjem većeg broja standardnih betona u biblioteku podataka i obezbeđivanje ovih podataka korišćenjem tačnijih transportnih kodova (na primer, ANISN-a).

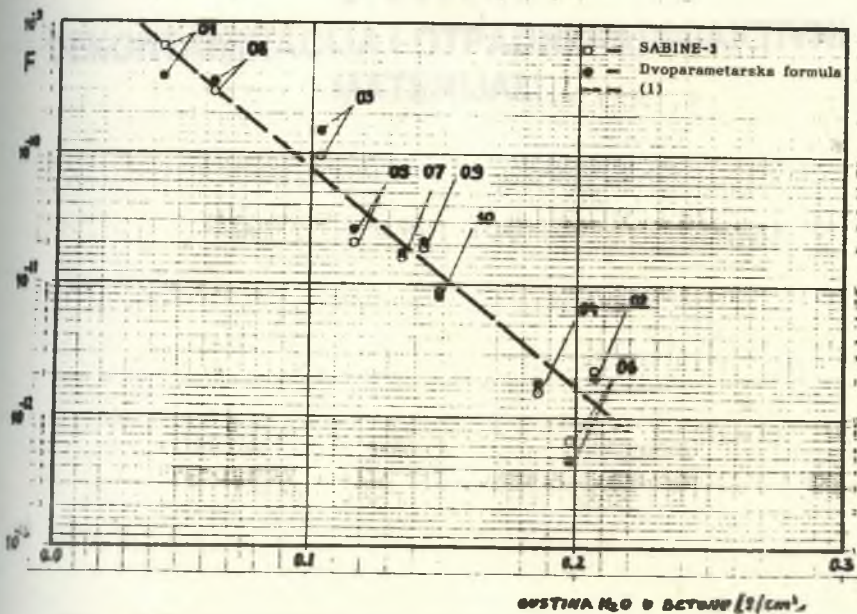
Istom metodom mogu se tretirati i betoni specijalnih karakteristika i transport gama zračenja.

ABSTRACT

Based on the computed values of fission neutrons dose rate attenuation in standard concretes a simple two-parametric function is proposed. It shows exponential dependence of the attenuation function on the density of chemically bound water in the concrete and on the density of the concrete itself. Comparison of the results obtained by applying SABINE-3 code and the simple formula verify its validity.

Tabela 1. Slabljenje ekvivalenta doze neutronskog zracenja u betonu

Tip betona	Gustina H ₂ O u betonu (g/cm ³)	Gustina betona (g/cm ³)	Slabljenje ekvivalenta doze neutrona		
			SABINE-3	Formula	Relativna greska (%)
01	.04356	2.33	6.44000-10	3.67331-10	42.96
02	.20700	2.30	2.23400-12	1.94088-12	13.12
03	.10350	2.20	9.68000-11	1.50677-10	55.66
04	.18580	2.39	1.57800-12	1.81064-12	14.74
05	.11700	2.35	2.06600-11	2.59550-11	25.63
06	.19800	2.50	6.68700-13	4.61409-13	31.00
07	.13500	2.33	1.60900-11	1.68557-10	0.48
08	.06300	2.26	2.85700-10	3.49306-10	22.26
09	.14301	2.27	1.91700-11	2.17009-11	13.20
10	.14868	2.36	8.62900-12	8.18936-12	0.51



SLIKA 1. SLABLJENJE EKVIJALENTA DOZE NEUTRONSKOG ZRACENJA

REFERENCE

1. Simović R., and Marinković N., Study of the Concrete Shielding Properties, Proc. XIV Regional Congress of IRPA, Dubrovnik 1987, pp 77.
2. Mashkovich V. P., Zashchita ot ioniziruyushchih izluchenij, Ehnergoatomizdat, Moskva, 1982. pp 210.
3. S. Sakamoto et al: Experimental Study of Fast-Neutron Attenuation by Various Materials, Proceedings of the Sixth International Conference on Radiation Shielding, p. 474, Tokyo, 1983.
4. J. Wood, Computational Methods in Reactor Shielding, Pergamon Press, Oxford, 1982.
5. C. Ponti, Nuclear Reactor Shielding, Winter Courses on Nuclear Physics and Reactors, J. R. C. EURATOM, Ispra, 1978.
6. M. Salvatores, Design Target Accuracies, Data Uncertainties and Sensitivity Studies, Interregional Training Course on Processing of Nuclear Data for Nuclear Reactor Applications, April 21-25 1986., Bombay.
7. C. Ponti et. al, SABINE-3. An Improvement of the Shielding code, EUR 5159e, 1974.

6. Sekcija DEKONTAMINACIJA I OTPADNI RADIOAKTIVNI MATERIJALI

RADIOAKTIVNI OTPAD I OKOLIŠ

Despotović, R.

Institut "Ruđer Bošković"

UVOD

Polovinom ovog stoljeća, kada rastuća primjena topline nuklearnih reakcija za proizvodnju energije ekonomski istiskuje klasične elektroenergetske sisteme, kapital klasičnih sistema organizira sistematsku hajku na nuklearne elektrane. Budući da se perfekcija nuklearnog dijela energane ne može osporavati, svaki se kvar na vlasničnom dijelu ili normalni remontu prikazuju tendenciozno u javnosti. Budući da se nuklearnom reaktoru namijenjenom za proizvodnju energije ne mogu naći ozbiljnije zamjerke, traži se ne baš uspješno podloga za hajku u sferi tretmana radioaktivnog otpada kao specifičnog balasta nuklearne elektrane. Kakovo je stvarno stanje, može se zaključiti i iz ovog pokušaja prezentiranja relevantnih podataka.

NUKLEARNO ENERGETSKA POSTROJENJA I RADIOAKTIVNI OTPAD

Jugoslavija ima jednu nuklearnu elektranu sa donesenim jugoslavenskim Dogovorom o izgradnji vlastitog nuklearno energetskog razvoja (1) i usvojen Društveni dogovor o tretmanu radioaktivnog otpada (2). Dokumenti su izrađeni od najkompetentnijih stručnjaka cijele Jugoslavije i samoupravnim dogovorom doneseni po svim zakonskim procedurama na najvišem nivou. Istovremeno široki poticaj parastručnjaka, neinformiranih politikanata, uplašeni i manipulatore javnim mnijenjem euforizira histeriju antinuklearnog raspoloženja sa civilizacijskim ciljem ograđivanja Jugoslavije od tehnološkog napretka. Strah je motiviran baukom neriješivosti problema radioaktivnog otpada. Pogledajmo kakova je situacija, na primjer u ČSSR koja je po površini 50 % manja od Jugoslavije. ČSSR obiluje visokokvalitetnim ugljenom, kojeg smatra da ne smije izgoriti ova generacija, već ga treba sačuvati za kvalitetniju upotrebu - u metaluriji i kemijskoj industriji. Godine 1995. po površini mala Čehoslovačka imati će u pogonu 18 nuklearnoenergetskih reaktora i biti će u Evropi najgušće "naseljena" nuklearkama. Da bi održali potreban tehnološki i civilizacijski nivo koji se ne može realizirati

bez energije i čistog okoliša, drugog izlaza nema. Termoenergetske sisteme neophodno je supstituirati nuklearnim tehnologijama kao najčišćom tehnologijom, koja osim toga osigurava stabilan i jeftin izvor energije. To je neophodno i zato jer izgradnja velikog kapaciteta termoenergetskih pogona na ugalj na maloj površini podrazumijeva dugoročno najopasniju ataku na ljudsko zdravlje u toj regiji ukoliko se ne poduzmu akcije raseljavanja stanovništva. ČSSR je po svojoj površini 50 % manja od SFRJ i nema mogućnosti za takove migracije. Kao drugi primjer možemo razmotriti Japan, zemlju koja je 50 % veće površine od SFRJ. Kao i ČSSR je bitno razvijenija od SFRJ. Nema vlastitih sirovina. Visoka tehnologija praćena je i vrlo visokim tehnološkim i civilizacijskim standardom. Ima u pogonu 38 reaktora i do kraja 1999. godine pustit će u pogon još 18 novih nuklearnih reaktora. Ne treba zaboraviti da su sve njihove nuklearne centrale smještene neposredno uz more, da imaju najveći priobalni ulov ribe i da se u Japanu troši najviše ribe po glavi stanovnika. Nema sumnje da mi imamo pravo na svoje odluke, na ignoriranje znanja i iskustva razvijenijih sredina. Radioaktivni otpad iz nuklearnih elektrana je samo posebna vrsta otpada sa kojim se vrlo pažljivo, stručno i po posebnim regulativnim normama postupa. U zemljama sa osiguranim rastom nuklearne energetike, koje posjeduju i vlastiti nuklearni gorivni krug, djeluju velike organizacije za tretman i pohranu radioaktivnih otpadnih materija: u Belgiji Belgium's National Agency for Radioactive Waste and Fissile Materials - ONDRAF/NIRAS, u Francuskoj L'Agence Nationale pur la Gestion des Déchets Radioactifs - ANDRA, u Nizozemskoj Centrale Organizatie Voor Radioactief Afval - COVRA, u Španjolskoj Empresa Nacional des Residuos Radioactivos SA, Madrid - ENRESA, U Velikoj Britaniji The Nuclear Industry Radioactive Waste Executive - Nirex, itd. (3).

Nakon 300 godina po prestanku rada nuklearnoenergetskih objekata mjera radiotoksičnog hazarda je za sve prerađene fizijske produkte manja od prirodnog urana. Radom postojećih 400 reaktora uzrokuje se manje raka od prirodne radijacije zemlje. Prema izvještaju, koji je podnio R. Gale (4) nakon černobilske katastrofe kroz narednih pola stoljeća umrijet će 50,000.000 ljudi od "prirodnog" raka + povećanje od 0,04 % zbog Černobila. Kroz isto razdoblje 1,000.000 ljudi će umrijeti zbog primjene fosilnih goriva + 20.000

zbog katastrofe na Černobilu. U istom razdoblju u Evropskoj ekonomskoj zajednici umrijeti će "prirodnim" rakom 30,000.000 ljudi + 1000 radi Černobila što je povećanje od 0,0033 %, itd. Bogate tehnološki razvijene zemlje, koje mogu birati elektroenergetske sisteme opredijelile su se radi zaštite okoliša i radi ekonomije za nuklearne elektrane. Od 210 zemalja na svijetu samo 5 razvijenih zemalja ili 2,4 % država raspolažu sa 92 % proizvodnje energije iz nuklearnih elektrana.

U odnosu na okoliš poznato je da je termoelektrana na uglj najteži zagadivač okoline. Primjerice, uglj prosječne kvalitete za pogon termoelektrane od 2 MWe u dnevnoj potrošnji od 6.300 t proizvede 382 t sumpornog dioksida, 60 t dušikovih oksida i 1,4 t ugljičnog monoksida. Termoelektrana iste snage na naftu sa dnevnom potrošnjom od 4,600 m³ nafte proizvede 145 t sumpornog dioksida, 60 t dušikovih oksida i 0,03 t ugljičnog monoksida. "Najčišća" termoelektrana na prirodni plin sa dnevnom potrošnjom od 563 m³ prirodnog plina za istu snagu proizvede 0,04 t sumpornog dioksida, 34 tone dušikovih oksida i promjenjivu količinu ugljičnog monoksida. Toksični plinovi se otpuštaju u atmosferu. Nuklearna elektrana ne proizvodi toksične plinove. Atmosfera iz termoenergena se kontaminira potomcima 235-U, 238-U, 232-Th, te plemenitim plinovima visoke aktivnosti 220-Rn i 222-Rn. Čvrsti otpad iz termoenergena na uglj se ne preraduje i putem atmosferilija kontaminira okoliš kemijskim otrovima - teškim kancerogenim metalima i radioaktivnim elementima (3). Kontaminacija rijeka velikih razmjera počinje već na separaciji ugljena kemikalijama iz separacije i ogromnim masama mulja, tako da rijeke nizvodno od separacije postaju otvoreni kanali, kao na primjer rijeka Sava nizvodno od separacije u Trbovlju.

SFRJ ima tri kategorije "proizvođača" RAO: nuklearna elektrana, nuklearni instituti i ostali korisnici izvora ionizirajućih zračenja. Društveni dogovor za tretman i pohranu RAO je donesen kao dokument, a tehnološko rješenje za privremena smještanja otpadnih radioaktivnih otpadnih materija imaju sve kategorije proizvođača RAO. Trajna pohrana tehnološki ne predstavlja nikakav poseban problem niti u smislu zaštite okoliša, jer su najkompetentniji stručnjaci dali svoje prijedloge, a projektantska operativa je na inžinjerskom nivou pokazala da vlada potrebnim znanjima (5). Ostaje otvoren problem DOGOVOR u SFRJ, zajednički zadatak svih struč-

nih organizacija da za danas i sutra usvojimo jedan od poznatih postupaka za sigurnosno tretiranje i trajnu pohranu svih vrsta radioaktivnih otpadnih materija kojima raspolažemo i koje će se i u budućnosti proizvoditi.

SUMMARY

A review of the solution of the problem of radioactive waste is given. As this, is a general problem in the world, relevant quantitative data are given and a basis for the solution of the problem of the treatment and disposal of radioactive waste in Yugoslavia is established.

LITERATURA

1. Dogovor o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj i primjenu nuklearne energije u energetici do 2000. godine, Službeni list SFRJ, broj 18 (1982), str. 476.
2. Društveni dogovor za utvrđivanje načina u uslova za rešavanje pitanja odlaganja ozračenog goriva za konačan smeštaj radioaktivnih otpadaka iz njegove prerade i drugih izvora, Službeni list SFRJ, broj 68 (1984).
3. R. Despotović, S. Musić, B. Subotić: Tretman radioaktivnih otpadaka u nuklearnom gorivnom krugu, Zbornik referata Savjetovanja o energiji, Opatija, 1986, -3-03-1
4. R. Gale: The Health Impact of Chernobyl?, Nuclear Europe 5 (1987) 42 - 43.
5. ELEKTROPROJEKT, Zagreb, : Idejno rješenje odlagališta nisko i srednjeradioaktivnog otpada u granitno morfološkim geološkim formacijama.

IMOBILIZACIJA SREDNJRADIOAKTIVNOG OTPADA

Čižmek, A., Despotović, R.
Institut "Ruder Bošković"

Uvod

Tijekom imobilizacije fizijskih produkata iz nuklearnog gorivnog ciklusa primjenjuju se različiti postupci imobilizacije.

Cementiranje se predstavlja kao najjednostavnija i često najadekvatnija metoda za imobilizaciju radioaktivnog otpada. Ako se ne postavljaju specijalni zahtjevi za kvalitetu finalnih formi, posebno što se tiče ispuštanja, cementiranje se preferira kao metoda za imobilizaciju, ako se vodi računa o potrebnom ulaganju u opremu i materijal za imobilizaciju.

Adicijom organskih aditiva, kao polimera i bitumena (1), cementu u fazi miješanja, dobivaju se polimerno i bitumenizirano modificirani cementi koji reduciraju njegovu permeabilnost a povećavaju čvrstoću. Upotreba amorfnog SiO_2 (silica fume) kao dodatka cementu također se mnogo koristi u posljednje vrijeme, zbog nesumnjivo dokazanih povoljnih utjecaja na neka svojstva betona kao što su povećanje čvrstoće i smanjenje poroziteta uz radikalno povećanje hidrofobnosti površine betona, te nezanemariv ekonomski aspekt.

Različite vrste cementa mogu biti upotrijebljene kao matriks materijal za imobilizaciju RAO (2), kao materijal za kontejnere u koje će se radioaktivni otpad pakirati, kao sredstvo kojim se oblaže prostor između kontejnera i konačno za konstrukciju samih odlagališta.

S obzirom da Jugoslavija ima nuklearnu elektranu, znači da smo suočeni s visokoradioaktivnim fizijskim materijalom u ozračenom gorivu, a pri njenoj imobilizaciji nastaje i radioaktivni materijal srednjeg nivoa za koji je potrebno razviti postupak imobilizacije. Tijekom godina gomila se i ostali RAO N i S nivoa (iz bolnica, istraživačkih centara itd.) te je i za taj materijal potrebno definirati postupak za konačnu imobilizaciju.

EKSPERIMENTI

Tijekom eksperimenata korišten je simulirani RAO sastava: 95 % NaNO_3 , 2.5 % $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 2.5 % molekularna sita zeolitnog tipa. Natrij u molekularnom situ zamijenjen je stroncijem.

Kod svakog eksperimenta priređena je serija od 10 uzoraka.

Za cement kao osnovni matriks materijal korišteni su kalupi s $2r = 2.54$ cm i 1 cm visine. Uzorci kod kojih je imobilizacijski materijal bila smola (EPOCON SN - proizvod KGK Karlovac) bili su rađeni u teflonskim kalupima (to je jedan od rijetkih materijala koji epoksi smola ne "lijepi"), $2r = 1$ cm i visine 4 cm. Aquatril (AQ) je materijal koji se upotrebljava u građevinarstvu kao premaz sa dubinskim djelovanjem za zaštitu i saniranje podzemnih i nadzemnih građevinskih konstrukcija od prodora oborinskih voda, podzemnih voda, nadzemnih voda ili voda pod pritiskom. Ispuštanje je praćeno u zatvorenim juvidurskim kivetama. Odnos geometrijske površine uzorka i volumen tekuće faze je dan kvocijentom 1 : 10 prema IAEA standardu.

Tekuća faza je prvih 7 dana mijenjana svaki dan a zatim svakih 7 dana. Ilustracija podataka: Tablica 1.

Brzina ispuštanja je mjerena analizom Sr u tekućoj fazi primjenom atomskog apsorpcionog spektrofotometra PERKIN-ELMER 3030 B. Brzina ispuštanja određena je prema formuli:

$$R = \frac{(m_L/m_S) M_S}{A t} = \frac{m_L M_S}{m_S A t} = \frac{c V M_S}{m_S A t}$$

R - brzina ispuštanja radionuklida; M_L - količina iona čiju brzinu ispuštanja mjerimo u tekućoj fazi, preraćunato na ukupan broj ml ($c V$; c - koncentracija iona u g/ml, V - volumen tekuće faze); M_S - masa solidifikata u gramima; m_S - masa elemenata čiju brzinu ispuštanja mjerimo u masi M_S solidifikata; A - površina solidifikata; t - vrijeme izmjene dvije tekuće faze.

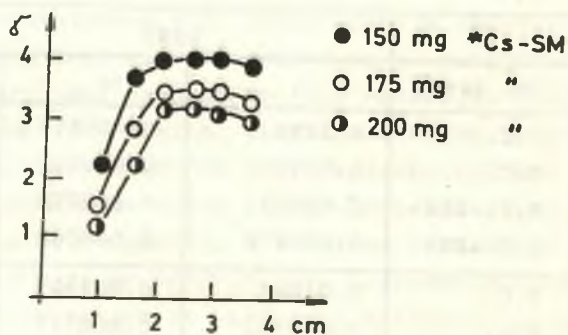
Iz tablice je vidljivo da se kombinacijom PC + epoksi smola može najkvalitetnije izvršiti imobilizacija, uz dodatak amorfnog SiO_2 , koji smanjuje ispuštanje. Upotreba Aquatрила smanjuje ispuštanje (uz isti % RAO-S), a također povećava mehaničku čvrstoću uzoraka.

Tablica 1. Rezultati ispuštanja izotopa Sr u portland cementu (P.C.), bijelom cementu (B.C.), portland cementu + Epocon SN veza (P.C.+ESN) i bijelom cementu + ESN (B.C.+ESN) uz dodatak SiO₂ (za 30 % RAO) i Aqutril (za 50 % RAO)

	% RAO-S	Im. sred.	DANI		
			1	14	28
R / [g cm ⁻² d ⁻¹]	5 %	P.C.	0.0290	0.000564	0.000745
		B.C.	0.0235	0.000402	0.001301
		P.C.+ESN	0.00075	0.000279	0.00075
		B.C.+ESN	0.000972	0.000262	0.000240
	10 %	P.C.	0.01663	0.000163	0.000233
		B.C.	0.010302	0.000217	0.0002168
		P.C.+ESN	0.0004891	0.000186	0.000093
		B.C.+ESN	0.00113	0.000208	0.0001158
	20 %	P.C.	0.0347	0.00014	0.00016
		B.C.	0.03252	0.000162	0.00019
		P.C.+ESN	0.006033	0.000271	0.000186
		B.C.+ESN	0.00480	0.00051	0.000217
	30 %	P.C.	0.0945	0.00089	0.000259
		B.C.	0.073746	0.003328	0.000358
		P.C.+ESN	0.018549	0.000878	0.000407
		B.C.+ESN	0.008212	0.000339	0.000121
30 % (+SiO ₂)	P.C.	0.01799	0.00014503	0.000124	
	B.C.	0.0755	0.0001712	0.000098	
	P.C.+ESN	0.02445	0.000953	0.000319	
	B.C.+ESN	0.002737	0.000317	0.0001596	
40 %	P.C.	0.0618	0.00115	0.000529	
	B.C.	0.05943	0.000703	0.000565	
	P.C.+ESN	0.0187	0.001049	0.000502	
	B.C.+ESN	0.001342	0.000952	0.000313	
50 %	P.C.	0.0951	0.0008143	0.000324	
	B.C.	0.080308	0.000650	0.000318	
	B.C.+AQ	0.06080	0.00040	0.00028	
	P.C.+ESN	0.05869	0.001584	0.000205	
	B.C.+ESN	0.00868	0.001501	0.000911	

Epoksi smola povisuje kvalitetu matriksa sa bijelim i portland cementom, posebno povisujući kvalitetu bijelom cementu kao matriksu.

HOMOGENOST RAO-S U EPOKSI MATRIKSU (Slika)



Fotometrijska gustoća (γ) je dana kao funkcija dužine (cm) uzorka

Radiometrijskim ispitivanjem homogenosti simuliranog RAO u epoksi matriksu (upotrijebljen ¹³⁴Cs) pokazano je da s rastom omjera RAO/ESN raste i homogenost pakiranja čestica imobiliziranih u epoksi matriksu.

ABSTRACT

The synthetic MLRAW was experimentally solidified using white and portland cement alone, or in combination with epoxy resin (and different additives as Aquatril, silica fume). The leaching analyses performed by examining strontium by AAS show that the use of portland cement, combining with silica fume and epoxy resin makes the best results, showing lowest leaching.

LITERATURA

1. D. I. Johnson, G. Worrall, D. C. Phillips "Polymer and bitumen modified OPC for the immobilization of ILW", AERE R 11904, 1986.
2. Conditioning of low and intermediate level radioactive wastes, IAEA, Vienna, 1983.

PLASTIFIKACIJA IMOBILIZIRANOG RAO

Fraj B., Čižmek, A., Despotović, R.
Institut "Ruder Bošković"

UVOD

U cilju zaštite okoline od radiološke kontaminacije primjenjuju se različiti postupci imobilizacije fizijskih produkata iz nuklearnog gorivnog kruga. Primjena solidifikacije sa cementom (1) i smolom (2) su klasični tretmani koji se kvalitetno poboljšavaju uvođenjem silikata i polimera (4). Cilj tih poboljšanja je ukupno smanjenje napuštanja fizijskih produkata iz solidifikata u kontaktu s vodom, koja je potencijalno opasna za transport RAO u okoliš. Jugoslavija ima u pogonu nuklearnu elektranu, što znači da proizvodi visokoradioaktivni fizijski materijal RAOV u ozračenom gorivu. Taj će se RAOV morati imobilizirati. Budući da u imobilizaciji RAOV nastaje radioaktivni otpadni materijal srednjeg nivoa radioaktivnosti RAOS, potrebno je razviti postupak za njegovu imobilizaciju. Dio rezultata usmjerenih na rješavanje tog problema opisan je u ovom radu.

EKSPERIMENTI

U toku eksperimenata korišten je simulirani RAOS sastava 95 % NaNO_3 + 2,5 % $\text{Fe}(\text{OH})_3$ + 2,5 % molekularnog sita zeolitnog tipa. Natrij u molekularnom situ je zamijenjen stroncijem. Priredena je serija uzoraka sastava prikazanog na Tablici 1.

U teflonskom kalupu priređivani su cilindrični uzorci. Za svaki model priredeno je 10 uzoraka. Matriks je pripreman u raznim kombinacijama RAOS sa bijelim i portland cementom i epokon smolom (Epocon SN VEZA - proizvod K GK). Ispuštanje je praćeno u zatvorenim juvidurskim kivetama. Odnos geometrijske površine uzorka i volumen tekuće faze je dan kvocijentom 1 : 10 prema IAEA standardu. Test je raden na 298 K i 313 K. Tekuća faza je mijenjana prvih 7 dana svaki dan, a zatim svakih 7 dana. Brzina ispuštanja je mjerenom analizom stroncija u tekućoj fazi primjenom atomskog apsorpcionog spektrofotometra PERKIN-ELMER 3030B. Brzina ispuštanja je

TABLICA 1

Broj uzorka	% RAOS	% matriksa	Matriks
1	10	90	bijeli cement
2	20	80	bijeli cement
3	30	70	bijeli cement
4	10	90	bijeli cement + epocon
5	20	80	bijeli cement + epocon
6	30	70	bijeli cement + epocon
7	10	90	portland cement
8	20	80	portland cement
9	30	70	portland cement
10	10	90	portland cement + epocon
11	20	80	portland cement + epocon
12	30	70	portland cement + epocon
13	10	90	epocon
14	20	80	epocon
15	30	70	epocon

određena prema formuli

$$R = \frac{(m_L/m_S) M_S}{A t} = \frac{m_L M_S}{m_S A t} = \frac{c V M_S}{m_S A t}$$

R - brzina ispuštanja radionuklida

m_L - količina iona čiju brzinu ispuštanja mjerimo u tekućoj fazi, preračunato na ukupan broj ml ($c V$; c - koncentracija iona u g/ml, V - volumen tekuće faze)

M_S - masa solidifikata u gramima

m_S - masa elemenata čiju brzinu ispuštanja mjerimo u masi M_S solidifikata

A - površina solidifikata

t - vrijeme izmjene dvije tekuće faze

RTG analiza uzorka je radena Phillips-ovim difraktometrom Phillips PW 1370. RTG analiza pokazuje stabilnost strukture solidifikata. Napuštanje pokazuje da su imobilizacijski matriksi kvalitetni, no da postoji i značajna razlika između pojedinih vrsta matriksa, da je ispuštanje različito na 298 K i 313 K, te da ovisi i o ukupnom udjelu RAOS u solidifikatu. Ilustracija podataka, koji će biti kompletno izneseni na simpoziju dana je na Tablici 2.

TABLICA 2

R [$\frac{E}{cm^2 \cdot dan}$]	%RAOS	Materijal	298 K		313 K	
			Dani			
			1	14	1	14
10	BC	0,07396	0,002509	0,0235	0,000424	
	PC	0,1313	0,001349	0,013	0,000156	
	BC+ESN	0,0350	0,002695	0,001664	0,000247	
	PC+ESN	0,01587	0,000382	0,000652	0,000217	
	ESN	0,005472	0,000284	0,00176	0,000161	
20	BC	0,0553	0,00222	0,0408	0,001234	
	PC	0,2148	0,000415	0,040	0,000312	
	BC+ESN	0,002085	0,000205	0,007423	0,000545	
	PC+ESN	0,05696	0,000477	0,00916	0,000349	
	ESN	0,000885	0,000142	0,00145	0,000172	
30	BC	0,01754	0,003995	0,04702	0,002307	
	PC	0,2902	0,001043	0,073	0,000830	
	BC+ESN	0,03337	0,002315	0,006195	0,000617	
	PC+ESN	0,0915	0,000748	0,02714	0,000088	
	ESN	0,001233	0,000314	0,00274	0,0001005	

Prema prikazanim rezultatima za sve ispitivane modele ukupno najviši nivo napuštanja je u sistemima sa bijelim cementom, a najniži sa epoksi smolom. Zanimljivo je pri tom da bijeli cement u odnosu na portland cement pokazuje uvijek kratkoročno bolju kvalitetu koja se vremenom bitno degradira, tako da je portland cement za dugotrajniji dodir s vodom kvalitetniji matriks, što je u skladu sa otpornošću bijelog odnosno portland cementa. Karakteristično je da epoksi smola degradacijski djeluje na matriks s bijelim cementom kod 298 K uz 10 % RAOS u matriksu. Za više postotke epoksi

smole bitno poboljšava kvalitetu matriksa.

Za uzorke analizirane na 313 K matriks od bijelog cementa pokazuje znatniju koroziju od portland cementa. Epoksi smola ne degradira, već povisuje kvalitetu matriksa sa bijelim i portland cementom, posebno povisujući kvalitetu matriksa sa bijelim cementom. Epocon smola je iza 313 K najkvalitetniji matriks. Linearizacija R kao funkcija vremena napuštanja daje familiju procesa jednostavne lg. zavisnosti sa podjednakim sjecištem pravaca za 12 dnevne uzorke sa 10 i 20 % RAOS.

ABSTRACT

The synthetic MLRAW was experimentally solidified by the use of white and portland cement, in combination with epoxy resin, and by epoxy resin as the matrix. The measurements were performed at 298 K and 313 K. The analysis of the leaching from the synthetic MLRAW was performed by examining strontium by atomic absorption spectrophotometry. The results showed different dependences of the course of the leaching on the total share of MLRAW (10 - 30 %) in the solidified MLRAW. By the combined use of epoxy resin significantly best results with the lowest leaching were obtained.

LITERATURA

1. Conditioning of Low- and Intermediate-Level Radioactive Wastes, IAEA, Vienna, 1983.
Leaching of Low and Medium Level Waste Packages Under Disposal Conditions, Ed. by M. Dozol, W. Krischer, P. Pottier, R. Simon, Publ. by Graham & Trotman Ltd, London, 1985.
2. Ollila, K., Quality Requirements for the Solidification Products of Reactor Waste, Tech. Res. Centre of Finland, Reactor Laboratory (1980).
3. Donato, A., "Incorporation of Radioactive Wastes in Polymer Impregnated Cement", Management of Radioactive Wastes from the Nuclear Fuel Cycle, Proc. Symp. Vienna, 1976, IAEA, Vienna, 1976.
4. Colombo, P., i sur., Some Techniques for the Solidification of Radioactive Wastes in Concrete, Nucl. Technol., 32 (1977) 30.
Donato, A., i sur., "Studies on Polymer Impregnated Cement for Radioactive Waste Conditioning in Italy", Proc. Second Int. Congr. on Polymers in Concrete, Austin, Texas, 1978.

ISPITIVANJE UTJECAJA TEMPERATURE I VREMENA KALCINIRANJA NA
BRZINE ISPUŠTANJA Cs I Sr IZ GRANULIRANIH ZEOLITA

UVOD

Zeoliti se već dulje vrijeme koriste za dekontaminaciju tekućih radioaktivnih otpada (1,2). Zbog sposobnosti selektivne ionske zamjene sve je veća njihova primjena u odvajanju i imobilizaciji nekih radioaktivnih nuklida za koje su se ostali matriksi (staklo i keramika) pokazali kao nepogodni; zbog volatilnosti cezija tokom solidifikacije i relativno velikih brzina ispuštanja cezija i stroncija iz stakla i keramike.

Najznačajnija karakteristika solidificiranog radioaktivnog otpada je brzina ispuštanja (leaching rate) radioizotopa iz matriksa u kontaktu s podzemnom ili morskom vodom, odnosno mogućnost kontaminacije životne sredine. Zato je studiran utjecaj pripreme solidifikata na brzinu ispuštanja radioizotopa cezija i stroncija iz granuliranih zeolita.

EKSPERIMENTALNI DIO

Prethodnim mjerenjima kapaciteta ionske zamjene, zeolit A i sintetski mordenit (SM) pokazali su se kao najpogodniji za odvajanje stroncija odnosno cezija iz tekućeg radioaktivnog otpada. Dio natrijevih iona iz granuliranih zeolita A i SM zamjenjeni su stroncijevim i cezijevim ionima iz otopina određene koncentracije. Zamjenjene granule isprane su redestiliranom vodom i osušene na 105°C. Uzorci tako pripremljenih granula kalcinirani su različita vremena (1-5h) na različitim temperaturama (700 - 1100°C).

Mjerenje brzine ispuštanja izvedeno je prema IAEA metodi (3) i to na slijedeći način: u plastičnu posudu stavi se uzorak granula zeolita i doda se tekuća faza (redestilirana voda, simulirana podzemna ili morska voda). Odnos volumena tekuće faze i površine uzorka ne smije biti

veći od 10 cm. Nakon određenih vremena kontakta (t_c), cjelokupna tekuća faza se uzima za analizu i nadomjesti se istim volumenom svježe tekućine (3).

Iz dobivenih podataka analize koncentracije ispuštenih radioaktivnih iona u tekuću fazu i ostalih podataka, brzina ispuštanje se izračunava prema izrazu (4):

$$R = (m_L * M_S) / (m_S * A * t_c)$$

gdje je m_L masa iona-radioizotopa ispuštenog iz solidificiranog uzorka nakon vremena kontakta t_c , m_S je masa mjenenog iona-radioisotopa u solidificiranom uzorku mase M_S , površine A solidificiranog uzorka u kontaktu s tekućom fazom. Koncentracije ispuštenih iona-radioizotopa izmjerene su metodom atomske apsorpcijske spektrometrije.

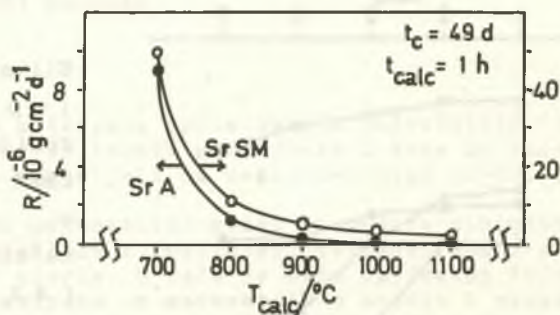
REZULTATI I DISKUSIJA

Tablica 1. Brzine ispuštanja stroncijevih iona iz djelomično zamjenjenih nekalciniranih (N) i kalciniranih (K) granula zeolita A u redestiliranoj, simuliranoj podzemnoj i simuliranoj morskoj vodi.

t_c/d	Brzina ispuštanja, $R/10^{-6} \text{ g cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$					
	redestilirana v.		sim.podzemna v.		sim.morska v.	
	N	K	N	K	N	K
1	2,40	0,80	88	1,30	15000	13
3	0,76	3,80	68	1,80	4000	9
7	1,40	5,20	58	2,30	630	4,5
14	1,60	1,27	27	1,20	90	1,6
28	1,30	0,76	18	0,50	2,5	0,8

Povećanje brzine ispuštanja stroncijevih iona iz nekalciniranih granula zeolita A s porastom koncentracije soli otopljenih u tekućoj fazi (redestilirana voda < sim.podz.voda < sim.mor.voda) može se pripisati procesima ionske zamjene stroncijevih iona iz granula s ionima (Na^+ , K^+ , Mg^{2+}) iz tekuće faze. Brzina ispuštanja se smanjuje s povećanjem vremena kontakta jer se smanjuje i količina stroncijevih iona u granulama tokom zamjene (Tablica 1.). Ionsko-zamjenjivačka svojstva zeolita gube se kalciniranjem jer dolazi do transformacije prostorno-mrežne strukture u zatvorene kompaktne strukture. Može se pretpostaviti da je ispuštanje iz kalciniranih granula

uzrokovano otapanjem matriksa i sporom difuzijom konstituenata kalcinata. Smanjivanje brzine ispuštanja s povećanjem vremena kontakta matriksa s tekućom fazom je u skladu s poznatom činjenicom formiranja zaštitnog amornog sloja na površini kontakta matriksa s tekućinom (5).

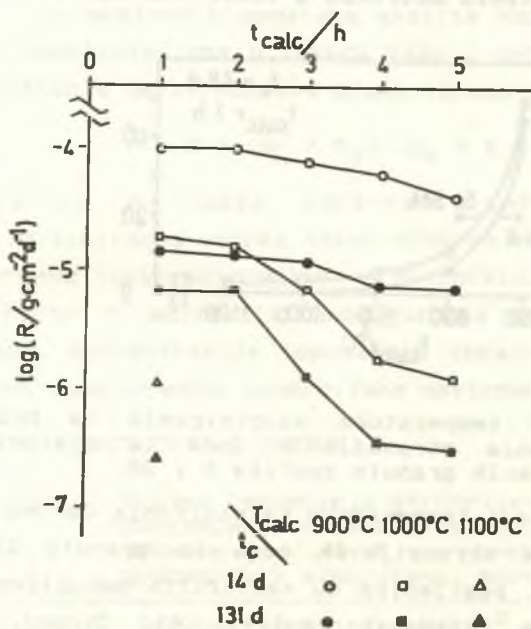


Slika 1. Utjecaj temperature kalciniranja na brzinu ispuštanja stroncijevih iona iz djelomično zamjenjenih granula zeolita A i SM.

Različiti utjecaji temperature kalciniranja (slika 1.) na brzinu ispuštanja stroncijevih iona iz granula ZA u odnosu na granule SM, posljedica su različitih mehanizama i brzina transformacije navedenih zeolita (6). Stroncijeva forma zeolita A (SrA) vrlo brzo se na različitim temperaturama transformira u tri različite forme (amorfna faza na $800^{\circ}C$, heksagonska kristalna forma na $1000^{\circ}C$ i trikslinska kristalna forma na $1100^{\circ}C$). Vrijeme kalciniranja malo utječe na brzinu ispuštanja iz SrA jer je transformacija u pojedine forme brza. Stroncijeva forma sintetskog mordenita (SrSM) polagano se transformira iznad $700^{\circ}C$ u amorfnu fazu, tako da i vrijeme kalciniranja ima značajni utjecaj na brzinu ispuštanja stroncijevih iona iz matriksa. Cezijeva forma sintetskog mordenita termički je stabilnija i od SrSM jer transformacija CsSM počinje tek iznad $1000^{\circ}C$ (slika 2.).

Dobiveni rezultati za brzine ispuštanja cezijevih iona iz CsSM pokazuju da se zadovoljavajuće niske brzine ispuštanja cezija mogu postići kalciniranjem granula 5 sati na $1000^{\circ}C$ ili 1 sat na $1100^{\circ}C$.

Iz prikazanih rezultata može se zaključiti da su kalcinirani granulirani zeoliti A i SM pogodni kao matriksi za imobilizaciju stroncija i cezija iz radioaktivnog otpada.



Slika 2. Brzine ispuštanja cezijevih iona iz CsSM u ovisnosti o vremenu kalciniranja na različitim temperaturama i za različita vremena kontakta.

LITERATURA

1. A.Dyer, K.Y.Mikhail, Miner.Mag. 49(1985)203-210
2. S.Komarneni, R.Roy, J.Amer.Ceram.Soc.Comm. 65(1982)C-198
3. IAEA Technical report series 82(1968)101
4. H.Mimura, T.Kanno, Sci.Rep.Ritu A-29(1981)125-137
5. T.Murakami, T.Banba, Nucl.Tech. 67(1984)419-428
6. H.Mimura, T.Kanno, Sci.Rep.Ritu A-30(1980)102-111

ABSTRACT

The leachability of Cs and Sr from cesium and strontium forms of calcinated zeolites (SrA, SrSM, CsSM) was measured. Zeolites recrystallize or become amorphous by calcination at high temperature. The exchanged strontium and cesium ions are fixed within a new non-zeolitic structure. Variation of leachability with calcination temperature and calcining time is discussed.

MINIMIZIRANJE FIZIKOHEMIJSKIH PARAMETARA BETONA ZA IZRADU KONTEJNERA
TEHNOLOGIJI ODLAGANJA RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA

Mirkoš I., Perić A., Kostadinović A.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

Broj 522., 11001 Beograd

Rezime

U radu je prikazana optimizacija najvažnijih fizikohemijskih parametara betona za izradu kontejnera u kome se imobilizuju radioaktivni otpadni materijali sa radionuklidima Co-60, Cs-137, Sr-85 i

Predloženi matematički model omogućava minimiziranje brzine pro-
curenja radionuklida i koeficijent permeabilnosti a maksimizuje me-
haničke osobine uzorka. U radu je data optimalna formulacija betona
za kontejnere bazirane na matematičkom modelu i eksperimentalnim rezul-
tata. Ovi rezultati će se koristiti pri izgradnji budućeg jugoslo-
venskog centralnog odlagališta za radioaktivni otpad.

Izvod

Iz kriterijuma i preporuka IAEA, sledi da beton za izradu kon-
tejnera za pakovanje nisko i srednje radioaktivnih materija, treba da
ima maksimalnu otpornost na pritisak, a minimalnu brzinu procurivanja
radionuklida i permeabilnost. Ovi zahtevi sugerišu optimizovanje fi-
zikohemijskih karakteristika betona na osnovu funkcije cilja, koju tre-
ba minimizirati radi optimalnih karakteristika betona:

$$F(R, M, K) = \frac{K^x \cdot R^y}{M^z} \quad (1)$$

gde su F - funkcija cilja

M - mehaničke karakteristike betona (MPa)

R - brzina izlučivanja radionuklida (cm/d)

K - koeficijent permeabilnosti (cm²).

Ekperimentalni deo

Ekperimentalno je proveravano sedam receptura (formacija) be-
tona za izradu kontejnera, datih u referenci 3.

Rezultati triju fizikohemijskih karakteristika dati su na Tabe-
li 1.

Formirane su funkcionalne zavisnosti:

$$f_1(M, R) = 0 \quad (2)$$

$$f_2(K, R) = 0 \quad (3)$$

Tabela 1. Mehaničke karakteristike M(MPa), koeficijent permeabilnosti K(cm²) i brzina procurivanja radionuklida R(cm/d) za 7 uzoraka betona. R je mereno 6 meseci.

Rezultat	Formul.	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇
M(MPa)		58,87	59,00	55,75	57,25	57,50	56,62	59,37
K(cm ²)		1,3 x 10 ⁻¹⁶	1 x 10 ⁻¹⁶	5 x 10 ⁻¹⁵	1,4 x 10 ⁻¹⁶	1,45 x 10 ⁻¹⁶	1,50 x 10 ⁻¹⁶	1,2 x 10 ⁻¹⁶
R _{Co60} (cm/d)		3,20 x 10 ⁻⁶	5,80 x 10 ⁻⁶	1,48 x 10 ⁻⁵	3,78 x 10 ⁻⁶	1,90 x 10 ⁻⁶	1,20 x 10 ⁻⁵	6,30 x 10 ⁻⁶
R _{Cs137} (cm/d)		6,40 x 10 ⁻⁷	5,80 x 10 ⁻⁷	7,60 x 10 ⁻⁷	8,80 x 10 ⁻⁷	4,60 x 10 ⁻⁶	4,30 x 10 ⁻⁶	6,60 x 10 ⁻⁷
R _{Sr85} (cm/d)		5,60 x 10 ⁻⁶	8,80 x 10 ⁻⁶	5,30 x 10 ⁻⁶	3,20 x 10 ⁻⁶	2,55 x 10 ⁻⁶	3,40 x 10 ⁻⁶	2,00 x 10 ⁻⁶
R _{Mn54} (cm/d)		3,50 x 10 ⁻⁶	3,80 x 10 ⁻⁶	2,50 x 10 ⁻⁶	3,80 x 10 ⁻⁶	1,70 x 10 ⁻⁶	4,20 x 10 ⁻⁶	1,46 x 10 ⁻⁶

Na osnovu eksperimentalnih vrednosti iz tabele 1. izračunate su polinomialnom aproksimacijom zavisnosti (2) i (3) za sva četiri radionuklida, pri čemu je uočeno da najveću brzinu procurivanja ima Co⁶⁰, a ne Cs¹³⁷ što se moglo očekivati na osnovu literaturnih podataka. Do ovog fenomena je došlo verovatno zbog dobrih prirodnih sorpcijskih svojstava materijala od kojih je sastavljen beton u odnosu na radionuklid Cs¹³⁷ koji bi prema literaturnim podacima, trebao da ima veću brzinu procurivanja za celu potenciju!

Za odredjivanje funkcija f₁ i f₂, odabran je metod aproksimacije funkcija sa najmanjom srednje kvadratnom greškom. S obzirom na ograničenje zbog broja eksperimentalnih podataka za slučaj parametra brzine izlučivanja radionuklida - R_n(cm/d), bilo je moguće tražiti polinom najviše do drugog stepena. Na osnovu pojedinačnih funkcionalnih zavisnosti (1), (2) i (3) iz Tabele 2, izračunate su relacije:

$$\text{Za Co}^{60}, \quad F(R) = \frac{(2,8 \times 10^{-10} R - 1,1 \times 10^{-15}) x R}{(-1,82 \times 10^5 R + 59)^2} \quad (4)$$

$$\text{Za Cs}^{137}, \quad F(R) = \frac{(-2,2 \times 10^{-10} R + 8,7 \times 10^{-16}) x R}{(-2,69 \times 10^5 R + 58)^2} \quad (5)$$

$$\text{Za Sr}^{85}, \quad F(R) = \frac{(1,26 \times 10^{-10} R + 2,7 \times 10^{-16}) x R}{(1,0 \times 10^5 R + 57)^2} \quad (6)$$

$$\text{Za Mn}^{54}, \quad F(R) = \frac{(-3,3 \times 10^{-10} R + 1,81 \times 10^{-15}) x R}{(-1,87 \times 10^5 R + 58)^2} \quad (7)$$

s tim da koeficijenti u jednačini (1) budu: x=1; y=1 i z=2!

"Minimum" ovih funkcija $\frac{\partial F}{\partial R} = 0$ i $\frac{\partial^2 F}{\partial R^2} > 0$, se dostižu za vrednosti:

$$i^{opt} = 3,5 \times 10^{-6} \text{ (cm/d)} \quad \text{za Co}^{60}, \quad (8)$$

$$i^{opt} = 1,20 \times 10^{-6} \text{ (cm/d)} \quad \text{za Cs}^{137}, \quad (9)$$

$$i^{opt} = 3,14 \times 10^{-6} \text{ (cm/d)} \quad \text{za Sr}^{85} \text{ i} \quad (10)$$

$$i^{opt} = 2,20 \times 10^{-6} \text{ (cm/d)} \quad \text{za Mn}^{54} \quad (11)$$

Na osnovu zavisnosti brzine procurivanja radionuklida i mehaničkih osobina betona, može se sada doći do optimalne formulacije K_8^{opt} , u tabeli 2.

Tabela 2. Optimalni sastav kontejnera (1000 cm³)

cement	400 gr
pesak 0 - 2 mm	775 gr
granulat 2 - 4 mm	85 gr
granulat 4 - 8 mm	480 gr
granulat 8 - 15mm	645 gr
voda	140 gr
aditiv	8 gr

Izlučjak

Svi rezultati su veoma zadovoljavajući. Brzina izlučivanja Co-60 ne prelazi 2×10^{-5} (cm/d), što garantuje da radionuklidi neće moći izaći iz ovakvog sistema u narednih 300-500 godina.

Abstract

In this paper an optimization of physicochemical characteristics of concrete for containers is presented. A mathematical model is given, which permits minimization of leakage rate and permeability and maximization of compressive strength. An optimal solution, based on experimental data, is given. This results will be used for future Yugoslav radioactive waste storing center.

Literatura

1. Plečaš I. "Beton of conteneurs pour dechets radioactifs", CEN Saclay 1981; STA(LBR/81-DT-615)
2. Plečaš I. "Some important characteristics of concrete containers in radioactive waste packing", Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983.
3. I.B.Plečaš et al., RWMADW 6(2), 101 (1985).

MODELIRANJE FIZIKOHEMIJSKIH PARAMETARA MALTERA ZA IMOBILIZACIJU RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA

Perić A., Plećaš I., Kostadinović A.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

P.fah 522., 11001 Beograd

Rezime

U radu je prikazana optimizacija najvažnijih fizikohemijskih parametara maltera kao matriksa za imobilizaciju radionuklida Co-60, Cs-137, Sr-85 i Mn-54 sa dodatkom bentonita.

Predloženi matematički model omogućava minimizovanje brzine procurivanja radionuklida i koeficijenta permeabilnosti a maksimizuje mehaničke osobine uzorka. U radu je data optimalna formulacija maltera bazirana na modelu i eksperimentalnim rezultatima. Ovi rezultati će se koristiti pri izgradnji budućeg jugoslovenskog centralnog odlagališta za radioaktivni otpad.

Uvod

U našem Institutu za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita" se već duži niz godina primenjuje testiranje matriks materijala na bazi cementa /1,2,3,6/. Testirano je nekoliko stotina uzoraka maltera i betona koje čine osnovu sistema sukcesivnih barijera "plitko ukopanog" skladišta za odlaganje nisko i srednje radioaktivnog otpada. /2,3/

Napravljeno je oko 100 različitih formulacija maltera kako bi se definisao optimalan sastav koji bi svojim karakteristikama garantovao propisane vrednosti IAEA. U ovom radu korišćeno je 6 receptura /2,3/.

Rezultati

Na tabeli 1 prikazane su mehaničke karakteristike M (MPa), koeficijent permeabilnosti K (cm²) i LEAKAGE rate (brzina procurivanja) R (cm/d) za 6 uzoraka maltera ($t=180$ dana).

Optimizacija

Iz kriterijuma i preporuka IAEA, sledi da malter kao matriks pri imobilizaciju nisko i srednje radioaktivnih materijala, treba da ima minimalne brzine procurivanja radionuklida i koeficijent permeabilnosti a maksimalnu otpornost na pritisak. Ovi zahtevi sugerišu

Tabela 1 Mehaničke karakteristike M(MPa) ,koeficijent permeabilnosti K(cm²) i brzine procurivanja R(cm/d) za 6 uzoraka maltera.

Rezultat	Formulacija	M ₁	M ₂	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₅
M (MPa)		60,50	49,50	19,80	28,50	27,90	46,25
K(cm ²)		5,0x10 ⁻¹⁵	2,0x10 ⁻¹⁵	1,0x10 ⁻¹⁶	5,0x10 ⁻¹⁶	5,0x10 ⁻¹⁶	1,0x10 ⁻¹⁵
R _{Co⁶⁰} (cm/d), t=180 d		5,16x10 ⁻⁵	7,60x10 ⁻⁵	1,80x10 ⁻⁴	1,00x10 ⁻⁴	8,90x10 ⁻⁵	4,70x10 ⁻⁵
R _{Cs¹³⁷} (cm/d), t=180d		6,94x10 ⁻⁴	6,90x10 ⁻⁴	1,94x10 ⁻⁴	2,00x10 ⁻⁴	1,16x10 ⁻⁴	1,00x10 ⁻⁴
R _{Sr⁸⁵} (cm/d), t=180d*		4,65x10 ⁻⁴	5,43x10 ⁻⁵	1,13x10 ⁻⁴	9,10x10 ⁻⁵	7,40x10 ⁻⁵	6,60x10 ⁻⁵
R _{Mn⁵⁴} (cm/d), t=180d*		2,65x10 ⁻⁴	8,10x10 ⁻⁵	1,84x10 ⁻⁴	1,90x10 ⁻⁴	3,80x10 ⁻⁵	3,40x10 ⁻⁵

*Uzet je u obzir faktor vremena poluraspada za Sr⁸⁵ i Mn⁵⁴.

sledeći oblik funkcije cilja koju treba minimizirati radi ostvarenja optimalnih karakteristika maltera:

$$F(R, M, K) = \frac{K \cdot R^2}{M} \quad (1)$$

Formirane su funkcionalne zavisnosti:

$$f_1(M, R) = 0 \quad (2)$$

$$f_2(K, R) = 0 \quad (3)$$

Na osnovu eksperimentalnih vrednosti izračunate su polinomialnom aproksimacijom zavisnosti (2) i (3) za sva četiri radionuklida:

$$\text{Za Co}^{60}, F(R) = \frac{(-6,57 \times 10^{-11} R + 7,5 \times 10^{-15}) x R^2}{(-3,95 \times 10^5 R + 74,3)} \quad (4)$$

$$\text{Za Cs}^{137}, F(R) = \frac{(7,93 \times 10^{-12} R - 1,11 \times 10^{-15}) R^2}{(7,52 \times 10^4 R + 13,6)} \quad (5)$$

$$\text{Za Sr}^{85}, F(R) = \frac{(1,30 \times 10^{-11} R - 3,55 \times 10^{-16}) x R^2}{(1,67 \times 10^5 R + 14,6)} \quad (6)$$

$$\text{Za Mn}^{54}, F(R) = \frac{(3,70 \times 10^{-11} x R - 3,36 \times 10^{-15}) x R^2}{(1,17 \times 10^6 R - 115)} \quad (7)$$

Minimum ovih funkcija $\frac{\partial F}{\partial R} = 0$; $\frac{\partial^2 F}{\partial R^2} > 0$ se dostižu za vrednosti:

$$R^{opt} = 7,20 \times 10^{-5} \text{ (cm/d) za Co}^{60}, \quad (8)$$

$$R^{\text{opt}} = 2,35 \times 10^{-4} \text{ (cm/d) za Cs}^{137}, \quad (9)$$

$$R^{\text{opt}} = 8,80 \times 10^{-5} \text{ (cm/d) za Sr}^{85} \text{ i} \quad (10)$$

$$R^{\text{opt}} = 3,99 \times 10^{-5} \text{ (cm/d) za Mn}^{54} \quad (11)$$

Na osnovu zavisnosti brzine procurivanja radionuklida i % bento- nita u uzorcima, može se sada doći i do optimalne formulacije M_{101}^{opt} , Tabela 2.

Tabela 2. Optimalni sastav maltera (računato na 1000 cm³)

M_{101}^{opt}	cement	677 gr
	pesak	965 gr
	voda	340 gr
	aditiv	13 gr
	bentonit	41 gr

Zaključak

Svi izmereni rezultati, bazirani na preporukama IAEA su veoma zadovoljavajući. Brzina procurivanja ne prelazi vrednost $R=7 \times 10^{-4}$ (cm/d), što garantuje da radionuklidi neće moći izaći iz sistema inženjerskih tranšeja u narednih 300-500 godina.

Abstract

In this paper an optimization of mortar (as matrix) with bentonite clay used for immobilization radionuclides Co^{60} , Cs^{137} , Sr^{85} and Mn^{54} is presented. A mathematical model is given, which permits minimization of leakage rate and permeability and maximization of compressive strength. An optimal solution, based on experimental data, is given. This results will be used for future Yugoslav radioactive waste storing center.

Literatura

1. I.B.Plećaš et al., RWMADW 6(2), 101 (1985)
2. I.B.Plećaš et al., WASTE MANAGEMENT '83, Tucson, Arizona, USA, 186 (1983)
3. I.B.Plećaš et al., SCIENTIFIC BASIS FOR NUCLEAR WASTE MANAGEMENT, XI, Stockholm, Sweden, 467 (1985)
4. E.D.Hespe, ATOMIC ENERGY REV, 9, 195 (1971)
5. International Standard, REF No ISO, 6961-1982 (E)
6. I.B.Plećaš et al., WASTE MANAGEMENT '87, Tucson, Arizona, USA, 503 (1987).

PREGLAD SAVREMENIH TEHNOLOGIJA OBRADE RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJALA SA TRANSURANIMA

Knežević Lj.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, OOUR Institut
za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita", p.f.
522, 11001 Beograd

OTOD

Poslednjih godina u zemljama Evrope, Amerike i u Japanu raste interes za obradu radioaktivnog otpada koji sadrži transuranske elemente. Trinaest zemalja zapadne Evrope koordinira svoje istraživačke i razvojne programe obrade otpada sa transuranima u okviru Agencije za nuklearnu energiju Evropske ekonomske zajednice. Saradnja se odvija u dva pravca: koordinacija rada postojećih laboratorija, kojih ima oko dvadeset u raznim zemljama i stvaranje zajedničkog istraživačkog centra. Programi obuhvataju obradu otpada sa transuranima iz nuklearnog gorivnog ciklusa sa reprocesingom isluženog goriva i recikliranjem plutonijuma, kao i glavne opcije odlaganja visoko aktivnih i transuranskih otpadnih materijala u odlagališta u raznim geološkim formacijama.

Programi obrade radioaktivnog otpada koji sadrži transurane u Sjedinjenim Američkim Državama baziraju na razvoju tehnologija vezanih za stokiranje isluženog goriva u bazenima, solidifikaciji otpada i odlaganju otpada u geološke formacije.

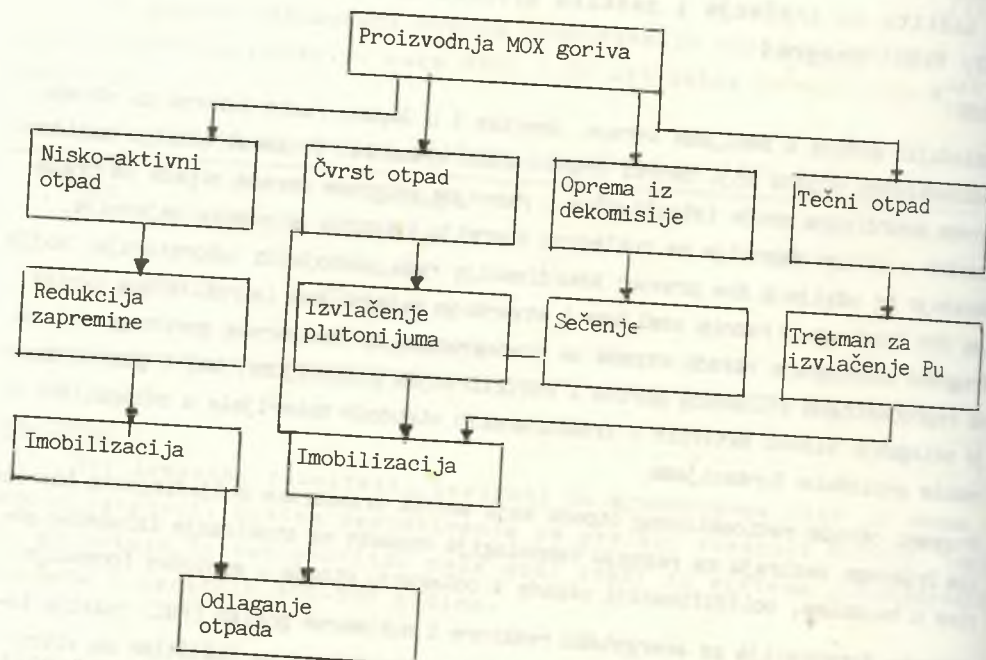
Japanska Korporacija za energetske reaktore i nuklearno gorivo (PNC) razvija tehnologije za obradu radioaktivnog otpada iz reprocesinga sa težištima na vitrifikaciji i odlaganju otpada u geološke formacije.

U ovom radu dat je kratak pregled programa istraživanja i razvoja tehnologija obrade radioaktivnih otpadnih materijala koji sadrže transurane u zemljama sa razvijenim nuklearnim tehnologijama. Cilj rada je stvaranje odgovarajućih podloga za rešavanje konkretnih zadataka u našoj zemlji vezanim za obradu i odlaganje radioaktivnog otpada sa transuranima.

RAZVOJ TEHNOLOGIJA OBRADE RADIOAKTIVNOG OTPADA SA TRANSURANIMA U EVROPI

Koordinirane aktivnosti Evropske ekonomske zajednice na realizaciji zajedničkih programa obrade i odlaganja radioaktivnih otpadnih materijala koji sadrže transuranske elemente odvijaju se preko zajedničke agencije za nuklearnu energiju NEA. Programi obuhvataju razvoj i istraživanje obrade radioaktivnog otpada sledećim postupcima: ultrafiltracijom i flokulacijom tečnog otpada iz reprocesinga isluženog goriva i proizvodnje mešovitog UO_2 - PuO_2 goriva (MOX); denitrifikacijom kiselih azotnih rastvora iz proizvodnje MOX, elektroseparatornim procesima za otpadne vode iz dekontaminacije postrojenja za reprocesing i fiksiranjem čvrstog otpada i mulja u različitim materijalima (cementu, keramici i drugim).

Programi Savezne Republike Nemačke obuhvataju sledeće postupke obrade otpadnih materijala sa transuranima: redukciju količine plutonijuma pre odlaganja, imobilizaciju plutonijuma u otpadu pre odlaganja i redukciju zapremine otpada pre odlaganja. Za tretiranje transuranskog otpada iz proizvodnje mešovitog MOX goriva razvija se postupak koji je šematski prikazan na sl.1.



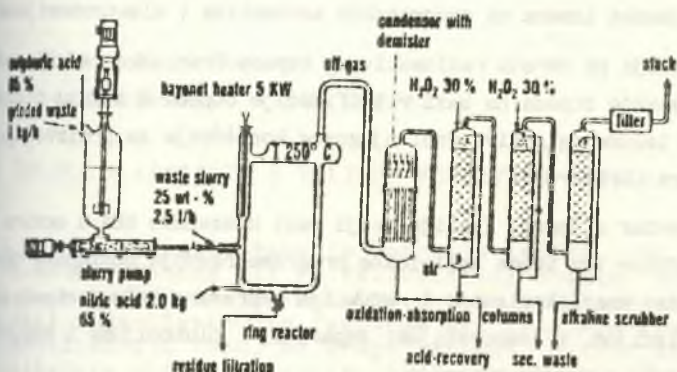
Sl. 1. Šematski prikaz postrojenja za obradu transuranskog otpada iz proizvodnje MOX goriva u SR Nemačkoj.

Američka Vestinghaus Hanford kompanija razvija takodje proces redukcije zapremine otpada pre odlaganja na bazi digestije kiselinom. Hemijskom oksidacijom organskih materija iz otpada nastaju gasoviti efluenti i čvrst otpad. Koristi se sumporna kiselina zagrejana na 250°C , kojom se vrši karbonizacija otpada i delimična oksidacija, medjutim primarni oksidant je azotna kiselina. Otpadni gas sadrži sledeće komponente: CO_2 , H_2O , HCl , SO_2 , NO , N_2 i H_2O iz oksidacije otpada i razlaganja kiseline. Šematski prikaz procesa digestije kiselinom dat je na sl.2.

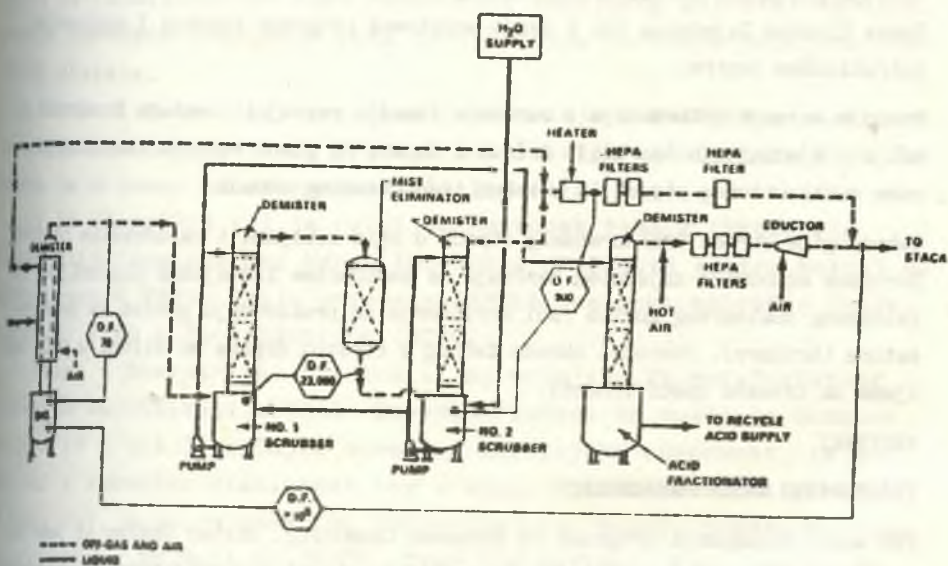
Japanska korporacija za energetske reaktore i razvoj nuklearnog goriva bazira programe obrade transuranskog otpada na preradi isluženog goriva i procesu vitrifikacije u staklu.

Atomska agencija Velike Britanije razvija postupke obrade transuranskog otpada kalcinacijom i vitrifikacijom u keramičkim materijalima i staklu. Razvijaju se postupci laserskog sečenja velikih objekata, sagorevanje otpada koji sa-

a)



b)



Sl. 2. Laboratorijska postrojenja za kiselinu digestiju TRU otpada
 a). Postrojenje u SR Nemačkoj b) Postrojenje u SAD

drži organske materije i redukcija otpada kiselim tretiranjem. Za obradu tečnog otpada nastalog dekontaminacijom ili redukcijom zapremine razvijaju se postupci: evaporacija, ultrafiltracija, magnetska filtracija, precipitacija sa flokulacijom, jonska izmena na neorganskim sorbentima i elektrohemijske tehnike.

Nacionalna agencija za obradu radioaktivnog otpada Francuske razvija postupke obrade transuranskog otpada na bazi vitrifikacije otpada u staklu i izvlačenju plutonijuma iz isluženog goriva radi njegovog korišćenja za proizvodnju goriva za brze reaktore (bridere).

Istraživački centar u Ispri, Italija, koji radi u sastavu NEA u okviru Evropske ekonomske zajednice ima veoma ambiciozne programe razvoja postupaka obrade transuranskog otpada: kondicioniranje i redukcija zapremine tečnog otpada koprecipitacijom, flokulacijom, i evaporacijom; separacija plutonijuma i sagorevanje otpada koji sadrži organske materije.

ZAKLJUČCI

Dat je literaturni pregled razvojnih programa obrade transuranskog otpada u zemljama Evropske ekonomske zajednice, Sjedinjenim Amaričkim Državama i Japanu. Zemlje Evropske ekonomske zajednice imaju koordinirane i usaglašene programe razvoja postupaka obrade transuranskog otpada kao i zajedničke razvojne centre. Svaka članica Zajednice ima i svoje sopstvene programe razvoja i nacionalne istraživačke centre.

Postoje razmene informacija i saradnja izmedju razvojnih centara Evropskih zemalja, Sjedinjenih Američkih Država i Japana na planu razvoja tehnologija obrade radioaktivnog otpada, a posebno transuranskog otpada.

Tehnologije obrade transuranskog otpada u svim zemljama i zajedničkim centrima Evropske ekonomske zajednice baziraju na postupcima izdvajanja plutonijuma iz isluženog nuklearnog goriva radi korišćenja za proizvodnju goriva za brze reaktore (bridere). Postupci obrade tečnog i čvrstog otpada su slični u svim zemljama uz izvesne specifičnosti.

ABSTRAKT

TRANSURANIC WASTE MANAGEMENT

TRU waste management programs in European Community, United States of America and Japan are briefly reviewed, covering treatment and conditioning processes. Removing the plutonium from the spent fuel greatly decreases the hazard of the waste. Plutonium can be used as valuable fuel allowing a fast breeder program to operate.

LITERATURA

1. Selected papers presented at the American Nuclear Society Topical Meeting on "The Treatment and Handling of Radioactive Wastes" held Apr. 1982, Wash.

Musić, S., Gotić, M. i Popović S.

Institut "Ruder Bošković" 41001 Zagreb

KOROZIJA ČELIKA U KONTAKTU S TALINOM FOSFATNOG STAKLA

Sažetak U ovom radu ispitivana je korozija čelika 316L u kontaktu s talinom Pb-metafosfatnog ili Pb-Fe-fosfatnog stakla. Rezultati ispitivanja su pokazali da je korozija čelika 316L izrazita i to se može smatrati organičavajućim faktorom kod primjene fosfatnih stakala za imobilizaciju VRAO. Na drugoj strani, vitrifikacija VRAO s Na-borosilikatnim ili Zn-borosilikatnim matriksom može se uspješno izvesti u posudi od nehrđajućeg čelika 316L.

Za imobilizaciju visokoradioaktivnog otpada (VRAO) mogu se primijeniti različiti solidifikacijski matriksi, na primjer staklo, staklokeramika, keramika itd. (1). Fosfatna stakla mogu se primijeniti za imobilizaciju VRAO različitog kemijskog sastava. Međutim, postoje određene nedoumice kada je u pitanju navedena primjena fosfatnih stakala.

Bocola i Donato (2) ispitivali su primjenu fosfatnog stakla za imobilizaciju denitriranog VRAO. Vitrifikacija simuliranog VRAO izvedena je u loncu od nehrđajućeg čelika (AISI 316).

U SR Njemačkoj (3) je razvijen postupak PAMELA (Phosphate Glass Solidification and Metal Embedding of Liquid Active Waste) za imobilizaciju VRAO. Prije primjene PAMELA postupka potrebno je denitrirati VRAO s formaldehidom (HCHO).

Sales i Boatner (4) predložili su primjenu Pb-metafosfatnog stakla za imobilizaciju VRAO. Navedeni autori su našli da dodatak željeza (9 % tež.) značajno povećava korozijsku otpornost, te mehaničku i termičku stabilnost tog stakla. Njihov rad kritizirao je Kahl (5), koji je našao da Pb-Fe-fosfatno staklo pokazuje veliku koroziju u 7M NaCl na 200°C. Zbog tog razloga, Kahl smatra da Pb-Fe-fosfatno staklo nije pogodno za njemačku koncepciju trajnog odlaganja VRAO. Na drugoj strani, Yanagi i suradnici (6) potvrdili su korozijsku otpornost Pb-Fe-fosfatnog stakla u destiliranoj vodi na 90 i 150°C (test MCC-2). Navedeni istraživači su pokazali da su brzine ispuštanja ($g/cm^2 \cdot dan$) za pojedinačne elemente (P, Pb, Fe, Sr, Cs, Na) 10 do 100 puta manje nego kod borosilikatnog

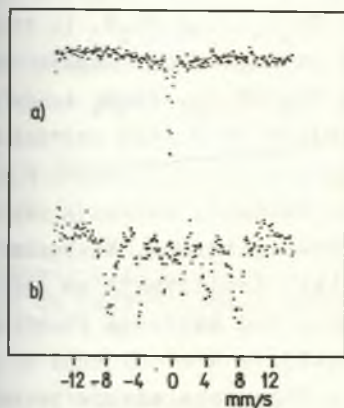
stakla, s izuzetkom natrija.

Na osnovi dosadašnjeg iskustva proizlazi da se fosfatna stakla mogu koristiti za imobilizaciju denitriranog VRAO, a posebna im je prednost relativno niska točka taljenja. S druge strane, veliki nedostatak tih stakala je njihova korozivna agresivnost kada se tale u čeličnoj posudi. To je bio razlog da se u ovom radu ispita priroda korozivnih produkata koji nastaju taljenjem Pb-metafosfatnog i Pb-Fe-fosfatnog stakla u posudi od nehrdajućeg čelika. Autori ovog priloga nisu našli takve podatke u dostupnoj literaturi.

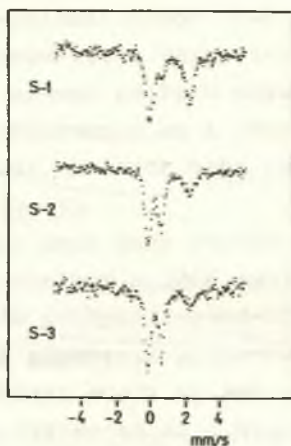
Eksperimentalni uvjeti za taljenje Pb-metafosfatnog i Pb-Fe-fosfatnog stakla prikazani su u Tablici I. Analize korozivnih produkata izvedene su metodama nuklearne gama rasonancije (Mössbauerov efekt ^{57}Fe) i difrakcije X-zraka.

Tablica I. Eksperimentalni uvjeti za taljenje Pb-metafosfatnog i Pb-Fe-fosfatnog stakla

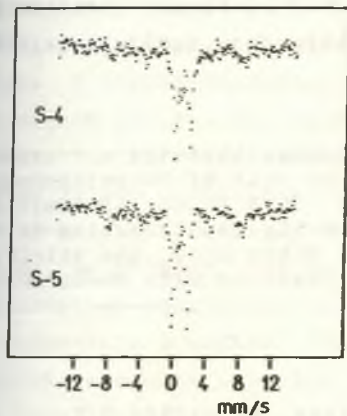
Uzorak	Kemijski sastav (tež. %)	Temp. taljenja ($^{\circ}\text{C}$)	Vrijeme taljenja (h)
S-1	50 % PbO, 50 % P_4O_{10}	950	1.25
S-2	(50 % PbO, 50 % P_4O_{10}) + 10 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	900	1.16
S-3	(50 % PbO, 50 % P_4O_{10}) + 10 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	950	1.0
S-4	(50 % PbO, 50 % P_4O_{10}) + 21 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	1000	1.0
S-5	(50 % PbO, 50 % P_4O_{10}) + 40 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	1000	1.0



Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.

Slika 1a prikazuje Mössbauerov spektar nehrdajućeg čelika (JUS č4572), dok je na slici 1b prikazan Mössbauerov spektar produkta visokotemperaturne korozije lončića za taljenje ispitivanih stakala (nehrdajući čelik 316L). Ovi spektri snimljeni su na sobnoj temperaturi. Mössbauerova analiza je pokazala da visokotemperaturnom korozijom čelika 316L nastaje smjesa hematita

(α - Fe_2O_3) i magnetita ($\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$),

čija se stehiometrija približava onoj kod γ - Fe_2O_3 . Na slikama 2. i 3. prikazani su Mössbauerovi spektri korozijskih produkata koji nastaju na granici faza staklo/čelična površina. Dodatak α - Fe_2O_3 osnovnom sastavu Pb-metfosfatnog stakla uvjetuje porast intenziteta Fe^{3+} komponente u Mössbauerovom spektru uz odgovarajuće smanjenje intenziteta Fe^{2+} komponente (slika 2.). S daljnjim povećanjem koncentracije dopiranog α - Fe_2O_3 u Mössbauerovim spektrima (slika 3.) pojavljuje se hiperfino magnetsko rastavljanje linija, kao rezultat prisutnosti oksidnih faza (hematit i magnetit).

Difrakcija X-zraka pokazuje da je u uzorcima S-1, S-2 i S-3 dominantna staklena komponenta. Također, u uzorcima S-1, S-2 i S-3

prisutne su kristalne komponente od kojih je identificiran PbO u uzorku S-3. Pored staklene komponente, u uzorku S-4 sa sigurnošću je registrirana prisutnost $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe_3O_4 i $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (u tragovima). Fazna analiza uzorka S-5 ukazuje na moguću prisutnost staklene komponente i sa sigurnošću prisutnost $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, Fe_3O_4 i $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Također, udio staklene komponente smanjuje se u nizu uzoraka od S-1 do S-5.

U okviru ovog rada ispitivana je, također, korozija nehrdajućeg čelika 316L u kontaktu s talinom Pb-silikatnog, Na-borosilikatnog i Zn-borosilikatnog stakla. Rezultati ispitivanja su pokazali da je korozija navedenog čelika izrazita kod taljenja Pb-silikatnog stakla, dok je slabo izražena i prihvatljiva kod taljenja Na-borosilikatnog i Zn-borosilikatnog stakla. Zbog toga moguće je koristiti Na-borosilikatno ili Zn-borosilikatno staklo kod vitrifikacije VRAO u posudi od nehrdajućeg čelika. Ovaj postupak vitrifikacije VRAO uglavnom razvijaju i uspješno primjenjuju zemlje s relativno malim nuklearnim programima.

Abstract The result of this study indicates that the corrosion of stainless steel 316L in contact with the melt of Pb-metaphosphate or Pb-Fe-phosphate glass is pronounced. This factor is limiting for the application of phosphate glasses in the immobilization of high level radioactive waste (HLRW). On the other hand, the vitrification of HLRW in the stainless steel pot is possible with Na-borosilicate or Zn-borosilicate glass.

LITERATURA

1. C. M. Jantzen, J. Non-Crystall. Solids, 84 (1986) 215.
2. W. Bocola, A. Donato, Energia Nucleare, 19 (1972) 390.
3. J. van Geel, H. Eschrich, H. Heimerl, P. Grziwa, "Solidification of High Level Liquid Waste to Phosphate Glass-Metal Matrix Blocks", Inter. Symp. on Management of Radioact. Wastes from the Nucl. Fuel Cycle, Vienna 22 - 26 March, 1976, IAEA-SM-207/83.
4. B. C. Sales, L. A. Boatner, Science, 226 (1984) 45.
5. L. Kahl, "Hydrolytic Durability of Lead-Iron-Phosphate Glasses", Advances in Ceramics, Vol. 20: Nuclear Waste Management II, 1986, p. 141.
6. T. Yanagi, M. Yoshizoe, N. Nakatsuka, J. Nucl. Sci. Technol. 25 (1988) 661.

Musić, S., Ristić, M., i Forić, J.

Institut "Ruder Bošković" 41001 Zagreb

DENITRIRANJE SUSPENZIJE VISOKORADIOAKTIVNOG OTPADA

Rezime Denitriranje suspenzije visokoradioaktivnog otpada (VRAO) može se izvesti primjenom različitih organskih reducensa. U ovom radu određeni su najpovoljniji eksperimentalni uvjeti denitriranja simuliranog VRAO s mravljom kiselinom u vodenom mediju.

Visokoradioaktivni otpad (VRAO) koji dolazi iz reprocesinga, nalazi se u obliku dušično kisele suspenzije. Koncentracija slobodne HNO_3 može varirati između 2.06 M i 7 M, što ovisi o nivou prekoncentracije HNO_3 prije odlaganja neobrađenog VRAO u spremnike od nehrđajućeg čelika. U visokoradioaktivnoj suspenziji čvrste čestice mogu biti u koloidnom obliku, ali najčešće su takve veličine da mogu slobodno sedimentirati. Velika količina željeza koja je prisutna u suspenziji VRAO dolazi u obliku korozivskih produkata.

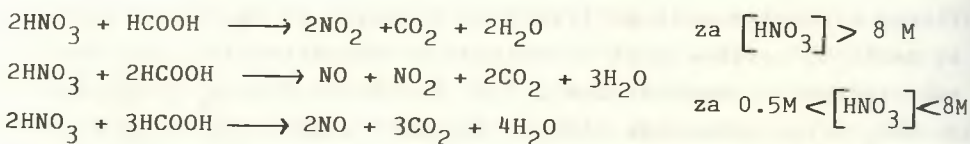
Denitriranje VRAO s organskim reducensom poželjno je izvesti iz više razloga. Na primjer, ako se ne želi imobilizirati VRAO odmah nakon reprocesinga ozračenog nuklearnog goriva, potrebno je smanjiti kiselost suspenzije (otopine) VRAO. Tako se značajno smanjuje korozija čeličnih spremnika u kojima je privremeno odložena suspenzija (otopina) VRAO. Smanjivanje kiselosti suspenzije (otopine) VRAO moguće je izvesti s otopinom NaOH, ali zbog povećanja konačnog volumena to se izbjegava i prednost se daje postupku denitriranja.

Također, postupak denitriranja igra važnu ulogu kod separacije određenih radioizotopa (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{147}Pm , ^{241}Am , ^{244}Cm) iz visokoradioaktivnog otpada, a koji služe za pripremu radijacijskih izvora. Da bi se ovi radioizotopi odvojili i kemijski očistili potrebno je denitriranjem smanjiti kiselost otopine VRAO ispod 1 M HNO_3 , a zatim separacije navedenih radioizotopa izvesti metodama ekstrakcije i kromatografije.

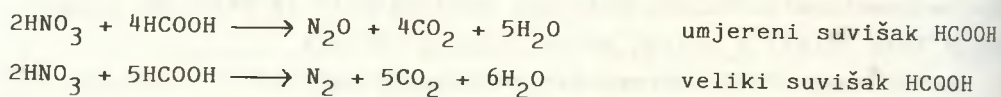
Denitriranje VRAO s organskim reducensom je veoma važan kemijski postupak u tehnologiji vitrifikacije VRAO. Pod određenim uvjetima tim postupkom moguće je razoriti u potpunosti "slobodne" nitratre

(HNO_3) i skoro u potpunosti "vezane" nitrata (nitratne soli). Uz pogodan izbor organskog reducensa moguće je drastično smanjiti volatilizaciju radiorutenija.

Denitriranje visokoradioaktivnog otpada može se izvesti primjenom različitih organskih reducensa. Najčešće se koriste mravlja kiselina i formaldehid. Za denitriranje mogu se koristiti i ostali organski reducensi, na primjer, različiti organski kompleksirajući agensi, glicerol, različiti šećeri, etanol, dietil oksalat, itd. Na osnovi razmatranja povoljnih i nepovoljnih svojstava spomenutih organskih reducensa, u ovom radu prednost je dana mravljoj kiselini (HCOOH). Reakcije denitriranja s mravljom kiselinom mogu se prikazati slijedećim jednadžbama:



Kada se denitriranje izvodi u suvišku HCOOH (redukcijski uvjeti) onda se reakcije denitriranja mogu prikazati kemijskim jednadžbama:



Prikazane kemijske reakcije mogu se smatrati pojednostavljenim, budući još nije u potpunosti poznat mehanizam denitriranja s mravljom kiselinom.

Općenito, ispitivanje mehanizma i uvjeta denitriranja VRAO s organskim reducensom na laboratorijskom nivou izvodi se na taj način da se simulira kemijski sastav VRAO. Tablica I. prikazuje karakteristični kemijski sastav simuliranog VRAO koji se koristi za navedena ispitivanja.

U okviru ovog rada određeni su najpovoljniji uvjeti denitriranja simuliranog VRAO primjenom mravlje kiseline kao organskog reducensa. Eksperimenti denitriranja izvedeni su u reaktoru koji je imao otvore za dodavanje otopina i uzorkovanje, dva hladila u seriji i sistem izoliranog miješanja reakcijske smjese. Temperatura u toplinskom reaktoru bila je podešena kod 110°C . Ova smjesa denitrirana je uz koncentracijski odnos $[\text{HCOOH}] / [\text{NO}_3^-] = 3$. Koncentracijski odnos $[\text{HCOOH}] / [\text{NO}_3^-] = 2.2$ određen je kao najpovoljniji za denitriranje

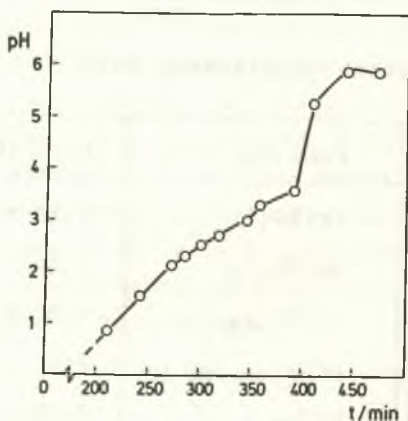
VRAO, ali iz praktičnih razloga (katalitička i radijacijska dekompozicija dijela HCOOH) za denitriranje realnog VRAO predlaže se koncentracijski odnos $[\text{HCOOH}] / [\text{NO}_3^-] = 3$. Suvišak mravlje kiseline uklanja se oksidacijom s koncentriranom otopinom H_2O_2 .

Tablica I. Kemijski sastav simuliranog VRAO

Kemijski spoj	Konc./M	Kemijski spoj	Konc./M
NaNO_3	4.12×10^{-1}	$\text{Pr}(\text{NO}_3)_3$	7.32×10^{-2}
RbNO_3	7.57×10^{-3}	$\text{Sm}(\text{NO}_3)_3$	1.15×10^{-2}
CsNO_3	4.03×10^{-2}	$\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$	1.02×10^{-3}
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	1.90×10^{-2}	ZrO_2	7.75×10^{-2}
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	2.37×10^{-2}	HfO_2	9.25×10^{-4}
$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$	1.39×10^{-3}	* RuO_2	3.60×10^{-2}
$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$	1.72×10^{-2}	Sb_2O_3	9.85×10^{-5}
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	2.68×10^{-2}	AgNO_3	1.43×10^{-3}
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	5.14×10^{-2}	Na_2MoO_4	7.00×10^{-2}
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	1.94×10^{-1}	Na_2SeO_3	1.06×10^{-3}
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	2.96×10^{-2}	Na_2TeO_3	8.24×10^{-3}
$\text{Y}(\text{NO}_3)_3$	1.03×10^{-3}	NaH_2PO_4	2.63×10^{-2}
$\text{La}(\text{NO}_3)_3$	1.81×10^{-2}	HNO_3	4.0
$\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$	4.48×10^{-2}		

* topljivi oblik

Slika 1. pokazuje da je postupkom denitriranja VRAO s mravljom kiselinom moguće smanjiti kiselost otopina do neutralnih pH vrijednosti. S povećanjem pH vrijednosti otopine dolazi do kontinuiranog taloženja metalnih hidroksida, oksihidroksida i oksida. Postupkom denitriranja izvodi se separacija viševalentnih radioizotopa, koji odlaze u talog, od radioizotopa alkalijskih i zemnoalkalijskih elemenata. Na taj način moguće je odvojiti radioizotope cezija i stroncija i zatim ih imobilizirati pomoću zeolita.



Slika 1. Ovisnost pH o vremenu denitriranja simuliranog VRAO s mravljom kiselinom.

U okviru ovog rada ispitivan je i utjecaj elemenata VIII grupe ($\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Rh}(\text{NO}_3)_3$, RuCl_3 i RuO_2) na ubrzanje reakcija denitriranja. Najveći efekt je dobiven s dodatkom RuO_2 (topljivi oblik). Također, zapaženo je sinergističko djelovanje $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Rh}(\text{NO}_3)_3$ i RuO_2 na kinetiku denitriranja.

Abstract Denitration of highly radioactive liquid waste (HRLW) was investigated on a laboratory-scale with simulated waste solutions. Formic acid was used as reducing agent. The experimental conditions for successful denitration of HRLW were determined.

XV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ 'ZASTITE OD ZRACENJA

Pristina, 6-9. lipanj 1987.

Bronić J. i Subotić B.

Institut "Ruder Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

UKLANJANJE SMJESE RADIOIZOTOPA IZ OTOPINE, UPOTREBOM GRANULIRANIH ZEOLITA

Uvod

Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama i korišćenje radioizotopa u istraživanju, medicini i privred¹ praćeno je nastajanjem relativno velikih volumena tekućeg radio-aktivnog otpada¹. Budući da je specifična radioaktivnost pojedinih radioizotopa u otpadnim tekućinama najčešće veća od dozvoljene specifične radioaktivnosti u okolini², a volumeni takovi da se zbog ekonomskih i sigurnosnih razloga ne mogu u originalnom obliku pohraniti na mjestu nastajanja, radioaktivni otpad se mora preraditi u cilju smanjenja volumena i vezanja radioizotopa u čvrsti matriks³. U ovom radu je prikazan postupak uklanjanja iona (radioizotopa) iz simuliranog visoko-radioaktivnog tekućeg otpada, u kontinuiranom postupku procesa zamjene iona iz otopine s natrijevim ionima iz granuliranih zeolita.

Eksperiment

Otopina (107 cm^3), kemijskog sastava prikazanog u Tablici 1., sukcesivno je propuštana kroz kolone punjene s po 20 g granuliranih zeolita (sintetski mordenit u koloni I, zeolit X u koloni II i zeolit A u koloni III). Brzina protoka otopine kroz kolonu bila je $1 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$. Prije ulaza u pojedine kolone otopina je u predgrijaču zagrijana na 80°C , i održavana tokom zamjene upotrebom plašta za grijanje kolone.

Koncentracije iona u otopini prije i nakon prolaska kroz svaku od kolona, mjerene su atomskom apsorpcijskom spektroskopijom (AAS Perkin Elmer 3030B).

Rezultati i diskusija

Rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 1. kao faktori dekontaminacije $FD = C_0/C_k$ za svaki od elemenata nakon prolaza otopine kroz pojedine kolone, gdje C_0 je koncentracija elementa u otopini prije prolaza kroz kolonu, a C_k je koncentracija elementa u otopini nakon prolaza kroz navedenu kolonu. Tablica 1. pokazuje da sintetski mordenit ima najveći afinitet prema cezijevim ionima ($FD_{SM} = 10,28$, $FD_X/FD_{SM} = 2,21$, $FD_A/FD_X = 4,9$), a zeolit A prema barijevim i stroncijevim ionima ($FD_{SM} = 1,08$, $FD_X/FD_{SM} = 20,3$, $FD_A/FD_X = 887$ za Sr^{2+} ione). Ostali elementi raspodjeljuju se u upotrebljenim tipovima zeolita ovisno o njihovoj koncentraciji i selektivnosti zeolita prema navedenim ionima. Rezultati prikazani u Tablici 1. su u skladu s podacima iz literature⁴⁻⁶. Tablica 2 pokazuje da se najveća količina cezija, antimona, molibdena i željeza zadrži u koloni s granuliranim mordenitom, dok se najveće količine stroncija, barija i kroma zadrže u koloni s granuliranim zeolitom X. Iako je ukupan postotak Sr i Ba u granulama zeolita A relativno nizak, njihove koncentracije u tekućoj fazi nakon tretmana pokazuju da je upotreba zeolita A neophodna za uklanjanje navedenih iona iz otopina s veoma niskim koncentracijama. Zadnja kolona u Tablici 2. pokazuje da je efikasnost uklanjanja za sve elemente veća od 90%, osim za lantanide koji imaju vrlo nisku početnu koncentraciju. Efikasnost uklanjanja radioizotopa Cs i Sr je veća od 99%, što je posebno značajno s obzirom na njihovu radiotoksičnost.

Tablica 1. Početne koncentracije pojedinih elemenata i faktori dekontaminacije nakon prolaza otopine kroz kolonu sa 20 g granula: sintetskog mordenita (FD_{SM}), zeolita X (FD_{ZX}) i zeolita A (FD_{ZA}).

Element	C ₀ /mol dm ⁻³	FD _{SM}	FD _{ZX}	FD _{ZA}
Cs	2,96*10 ⁻²	10,28	22,7	112
Sr	1,19*10 ⁻²	1,08	21,9	19424
Ba	1,27*10 ⁻²	1,15	97,7	79045
*La	1,77*10 ⁻⁵	>1,19	>1,37	>1,9
Se	3,3 *10 ⁻⁴	1,46	-	-
Sb	3,4 *10 ⁻⁵	2,10	16	32
Mo	3,23*10 ⁻⁵	10,0	14,7	14,7
Cr	2,19*10 ⁻³	1,3	5,6	164
Fe	1,06*10 ⁻³	3,6	25,3	65,5

Tablica 2. Postotak iona zaostalih u pojedinim kolonama i propuštenoj otopini.

Element	SM	ZX	ZA	OTOPINA
Cs	90,2	5,5	3,5	0,9
Sr	7,4	88,0	4,6	0,005
Ba	13,0	86,0	1,0	0,001
*La	16,0	11,0	20,4	52,6
Se	31,5	-	-	-
Sb	52,4	41,4	3,1	3,1
Mo	90,0	3,2	0	6,8
Cr	23,1	59,0	17,3	0,6
Fe	72,2	23,8	2,5	1,5

*La označava sve prisutne lantanide (Ce, Pr, Sm, Eu), a crtice kod Se označavaju da je dotična koncentracija pala ispod praga detekcije instrumenta.

Dobiveni rezultati pokazuju da se upotrebom navedenog postupka mogu veoma efikasno ukloniti radioizotopi iz radioaktivnih tekućina i vezati na zeolitni matriks.

Literatura:

1. International Nuclear Fuel Cycle, Vol. 9, Summary Volume, International Atomic Energy Agency, Vienna 1970.
2. Pravilnik o maksimalno dopuštenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije, Sl. List SFRJ, Br. 32, 1979.
3. International Nuclear Fuel Cycle, Vol. 7, Waste Management and Disposal, IAEA, Vienna 1980.
4. H.MIMURA, T.KANNO, Bull. Res. Inst. Min. Dress. Met., 34, No. 2 (1978) 85-94.
5. H.MIMURA, T.KANNO, Bull. Res. Inst. Min. Dress. Met., 34, No. 1 (1978) 58-66.
6. J.BRONIĆ, "Studij procesa zamjene radioizotopa iz otopine sa natrijevim ionima iz zeolita", Magistarski rad, Zagreb 1989.

Abstract:

XV Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Priština, 1989.

J. Bronić, B. Subotić, The removal of mixture of radioisotopes from solution using granulated zeolites

The measurement of removal efficiency, after passing of solution through a column filled with granulated zeolites (SM, ZX and ZA) have shown that the more than 99% of Cs, Sr, Ba, *La, Se, Sb, Mo, Cr and Fe ions were removed from solutions. The most fraction of exchanged ions is in the first column (granulated synthetic mordenite).

UKLANJANJE IZOTOPA STRONCIJUMA IZ VODENIH RASTVORA POMOĆU SINTETIČKOG HIDROKSIAPATITA

Lazić S., Vuković Ž., Bačić S.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

OUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

Rezime

U radu su dati rezultati ispitivanja sorpcije stroncijuma na sintetizovanom hidroksiapatitu dobijeni tehnikom kolona. Dobijeni eksperimentalni rezultati prikazani su u obliku Langmuir-ove adsorpcione izoterme. Zahvaljujući dobroj selektivnosti prema jonima stroncijuma, zaključeno je da se hidroksiapatit može uspešno koristiti kao sorbent u tretmanu radioaktivnih otpadnih voda.

Uvod

Radioaktivni izotopi stroncijuma spadaju među glavne fisione produkte, te je njihovo uklanjanje iz vodenih rastvora značajno za tretman radioaktivnih voda različitog porekla (nuklearne elektrane, prerada nuklearnog goriva itd.)

Hidroksiapatit je stabilan i rasprostranjen fosfatni mineral. Poznato je [1] da prirodni apatiti sadrže stroncijum (do 11,6 mas % SrO) i da imaju visoku geohemijsku stabilnost, te su stoga pogodan materijal za vezivanje i trajno odlaganje dugoživećih izotopa stroncijuma. Apatiti su najčešća kristalna struktura [2] u koju se inkorporiraju polutanti u široko korišćenom postupku fosfatne precipitacije.

Površinske karakteristike hidroksiapatita takodje su predmet obimnog proučavanja [3-6]. Poznata je primena hidroksiapatita u hromatografiji za adsorpciju makromolekula kao što su polipeptidi i proteini kao i za uklanjanje pojedinih anjona i katjona iz rastvora.

U ovom radu izučavana je adsorpcija jona stroncijuma na hidroksiapatitu, pripremljenom po metodi koja omogućuje njegovo dobijanje u stehiometrijskom obliku, sa ciljem da se ispita mogućnost njegove primene kao sorbenta kod tretmana radioaktivnih voda koje sadrže stroncijum.

Eksperimentalni deo

1. Priprema i karakterizacija sorbenta

Hidroksiapatit je sintetisan titrisanjem ključale vodene suspenzije $\text{Ca}(\text{OH})_2$ rastvorom H_3PO_4 prema postupku detaljno opisanom u literaturi [7].

Identifikacija i analiza čvrste faze sorbenta vršena je metodama rendgenske i hemijske analize i odredjivanjem specifične površine čestica pripremljenog materijala. Rendgenskom analizom, na aparatu Siemens-Kristalloflex (Cu K α zračenje) dobijeni su oštri pikovi karakteristični za hidroksiapatit [8]. Hemijskom analizom utvrđen je stehiometrijski odnos kalcijuma i fosfata u čvrstoj fazi $\text{Ca}/\text{PO}_4=1,66$.

Uzorak je pre analize rastvoren u razblaženoj HNO_3 . Kalcijum je odredjivan metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije, a fosfat spektrofotometrijski kao fosfomolibdatni kompleks [9]. Specifična površina odredjena je BET metodom u jednoj tački adsorpcijom azota pri temperaturi tečnog azota. Dobijena je vrednost $30,5 \pm 0,5 \text{ m}^2/\text{g}$.

2. Sorpcija stroncijuma

U šest kolona (dužine 250 mm, prečnika 10 mm) odmereno je po 1 g sintetisanog sorbenta. Kroz kolone je propuštano po 200 ml rastvora $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ obeleženog sa ^{85}Sr (bez nosača, Amersham proizvodnje). Koncentracije $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ rastvora bile su u opsegu od $0,5 \cdot 10^{-3}$ do $11 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$, pH $\sim 6,3$ a brzina propuštanja rastvora 0,2 ml/min. Posle prolaska kroz kolonu, merena je specifična radioaktivnost alikvota od 25 ml. Frakcija stroncijumovih jona preostala u rastvoru računata je po formuli:

$$f_v = \frac{C_v}{C_o} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i V_i}{A_o V_o} \quad (1)$$

gde je:

C_v - koncentracija jona stroncijuma u alikvotu,

C_o - koncentracija jona stroncijuma u polaznom rastvoru,

V_i - zapremina alikvota, $V_i=25 \text{ ml}$,

V_u - ukupna zapremina tretiranog rastvora,

A_i - izmerena specifična radioaktivnost alikvota,

A_0 - specifična radioaktivnost rastvora pre prolaska kroz kolonu
 n - broj alikvota.

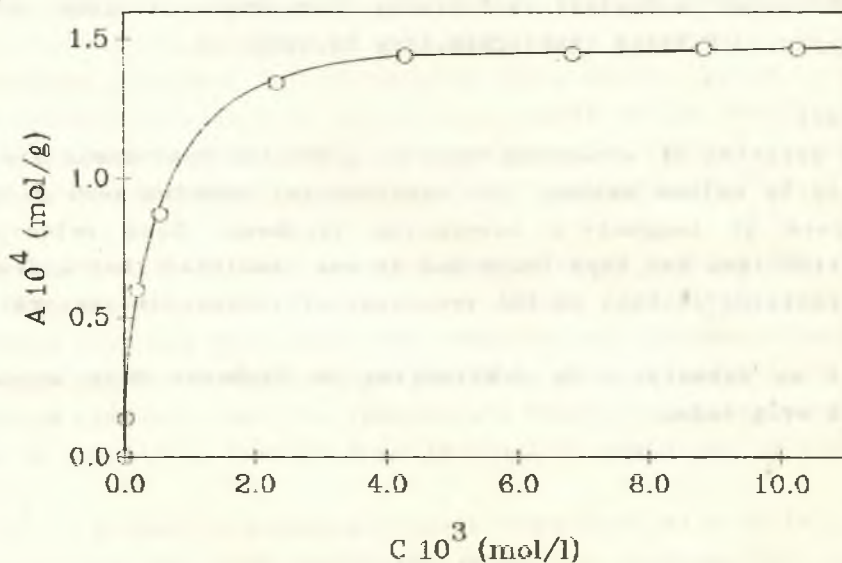
Ukupno sorbovana količina jona stroncijuma računata je po formuli:

$$A = \frac{C_0 V_u (1 - f_v)}{m} \quad (2)$$

gde je m - masa sorbenta, $m = 1$ g.

Rezultati i diskusija

Eksperimentalni rezultati sorbovane količine stroncijuma, izračunati prema jednačini (2) prikazani su u funkciji ravnotežne koncentracije $Sr(NO_3)_2$ na slici 1.



S1 1. Zavisnost sorpcije jona stroncijuma na hidroksiapatitu od koncentracija rastvora $Sr(NO_3)_2$ pri temperaturi 293 K.

Dobijeni rezultati se dobro opisuju Langmuir-ovom adsorpcionom izotermom:

$$A = 1.5 \cdot 10^{-4} \frac{3.13 \cdot 10^3 C}{1 + 3.13 \cdot 10^3 C} \quad (3)$$

Dobijeni rezultati uklanjanja radioaktivnog stroncijuma iz vode su u skladu sa publikovanim rezultatima o uklanjanju drugih katjona (Co , Mn , Cu , Cd , Zn , Pb) pa se može zaključiti da je hidroksiapatit pogodan sorbent u tretmanu radioaktivnih otpadnih voda.

Literatura

1. R.Roy, Radioactive Waste Disposal, Vol 1, Pergamon Press, 1982, p 207.
2. IAEA Technical Reports Series No 236, Vienna 1984, p 51.
3. I.R.K.Main, M.J.Wilkins, L.J.Cole, J.American Chemical Society, 20, 1959, 6490.
4. I.Zipkin, A.S.Posner, E.D.Eanes, Biochim.Biophys.Acta,59, 1962,255.
5. T.Suzuki, T.Hatsushika, Y.Hayakawa, J.Chem.Soc.Faraday Trans. I,77, 1981, 1059.
6. T.Suzuki, T.Hatsushika, M.Miyake, Ibid.,78, 1982, 3605.
7. H.McDowell, T.M.Gregory, W.E.Brown, J.Res.Natl.Bur.Stand.,Sect.A, 81, 1977, 273.
8. A.S.Posner, A.Perloff, A.I.Diorio, Acta Cryst.,11,1958, 308.
9. Murphy, J.P.Riley, Anal.Chim.Acta 27,1962, 31.

Abstract

The sorption of strontium ions on synthetic hydroxyapatite has been studied by column method. The experimental results were presented in the form of Langmuir's adsorption isotherm. Good selectivity for strontium ions has been found and it was concluded that hydroxyapatite was promising sorbent in the treatment of radioactive waters.

Autori se zahvaljuju Dr S.Milonjicu za ljubazno date sugestije pri izradi ovog rada.

Ristić, M. i Musić, S.

Institut "Ruder Bošković" 41001 Zagreb

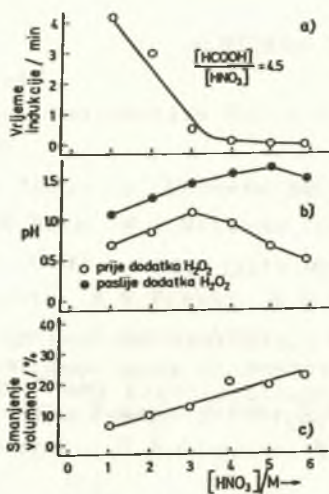
ISPITIVANJE UVJETA DENITRIRANJA S MRAVLJOM KISELINOM

Sažetak U ovom radu ispitivan je utjecaj različitih faktora na proces denitriranja s mravljom kiselinom. Utvrđeno je da proces denitriranja ovisi o koncentracijama HNO_3 i vezanih nitrata ($\text{Me}^{n+}(\text{NO}_3)_n$), koncentracijskom odnosu $[\text{HCOOH}]/[\text{NO}_3^-]$, prisutnosti rutenija i kemijskom sastavu simulirane smjese.

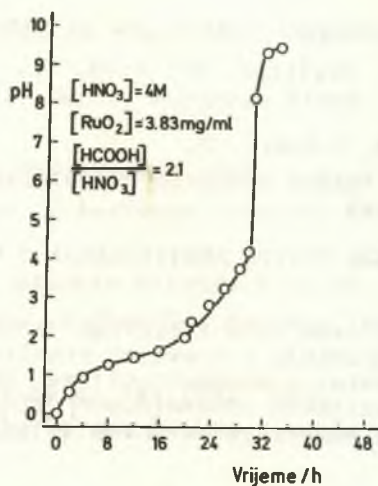
Denitriranje visokoradioaktivnog otpada (VRAO) s organskim reducentom predstavlja veoma važan kemijski proces u nuklearnom georivnom ciklusu. Također, denitriranje se često koristi prije imobilizacije srednjeradioaktivnog otpada koji sadrži velike količine nitrata, uglavnom u obliku NaNO_3 . Mravlja kiselina (HCOOH) je pogodan reducent za razgradnju slobodnih (HNO_3) i vezanih ($\text{Me}^{n+}(\text{NO}_3)_n$) nitrata.

U ovom radu ispitivani su uvjeti denitriranja otopine HNO_3 , otopine $\text{HNO}_3 + \text{NaNO}_3$ i kratke simulirane smjese VRAO. Eksperimenti denitriranja izvedeni su u staklenom reaktoru koji je imao otvore za dodavanje otopina i uzorkovanje. Na vrhu reaktora postavljena su dva povratna hladila u seriji. Temperatura toplinskog generatora podešana je kod 110°C . Suvišak mravlje kiseline oksidiran je s otopinom H_2O_2 .

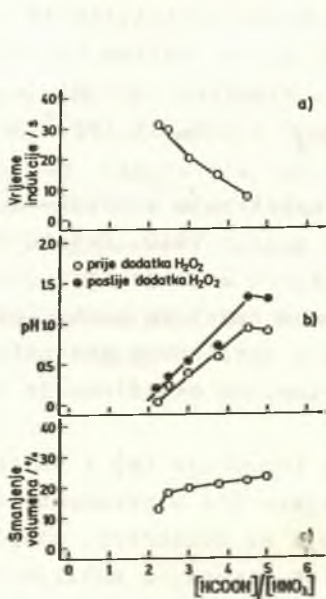
Slika 1. prikazuje promjene vremena indukcije (a) i pH (b), te smanjenje ukupnog volumena reakcijske smjese (c) u ovisnosti o početnoj koncentraciji dušične kiseline koja se denitrira. Otopina HNO_3 dokapavana je u otopinu HCOOH kroz 45 minuta, a poslije toga reakcije denitriranja su se odvijale 4 sata. Suvišak HCOOH oksidiran je s koncentriranom otopinom H_2O_2 , a zatim je reakcijska smjesa grijana još 2 sata. S povećanjem koncentracije HNO_3 dolazi do smanjenja vremena indukcije, povećanja konačnog pH otopine i smanjenja volumena reakcijske smjese. Denitriranjem 5 M HNO_3 i nakon oksidacije suviška HCOOH dobiven je pH 1.63. Ova pH vrijednost bitno se ne mijenja, ako se produži vrijeme denitriranja. Razvijanje aerosolova je veoma izraženo u početnoj fazi denitriranja i tokom oksidacije HCOOH s H_2O_2 .



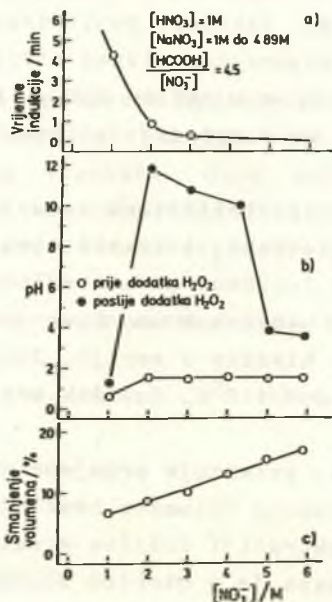
Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.



Slika 4.

Ako se otopini HNO_3 doda RuO_2 (topljivi oblik) onda je denitriranjem te otopine moguće postići visoke pH vrijednosti. Slika 2. prikazuje promjenu pH u ovisnosti o vremenu denitriranja otopine 4 M HNO_3 kojoj je dodan RuO_2 . Nakon 30 sati denitriranja zamijećen je nagli skok pH vrijednosti. U dušično kiseloj otopini rutenij se nalazi u obliku nitrozil nitratnih kompleksa. S povećanjem pH otopine

u strukturi kompleksa dolazi do postepene zamjene NO_3^- iona s OH^- ionima.

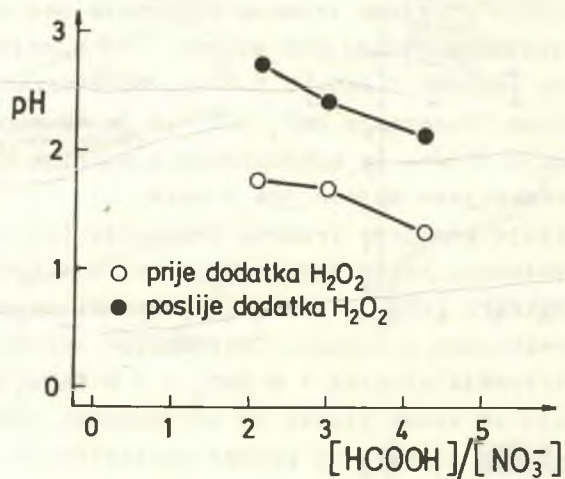
Slika 3. prikazuje promjene vremena indukcije (a) i pH (b), te smanjenje ukupnog volumena reakcijske smjese (c) u ovisnosti o koncentracijskom odnosu $[\text{HCOOH}] / [\text{HNO}_3]$. Početna koncentracija $[\text{HNO}_3] = 4 \text{ M}$ bila je konstantna. Dodavanje HNO_3 trajalo je 45 minuta, a poslije 4 sata denitriranja dodana je koncentrirana otopina H_2O_2 i nastavljeno s grijanjem reakcijske smjese još 2 sata.

Slika 4. prikazuje promjene vremena indukcije (a) i pH (b), te smanjenje ukupnog volumena reakcijske smjese (c) u ovisnosti o ukupnoj koncentraciji nitrata ($\text{HNO}_3 + \text{NaNO}_3$). Vremenski uvjeti denitriranja opisani su u prethodnom primjeru. Oksidacijom suviška mravlje kiseline, nakon denitriranja otopina $1 \text{ M HNO}_3 + 1 \text{ M NaNO}_3$ do $1 \text{ M HNO}_3 + 3 \text{ M NaNO}_3$, dobivaju se veoma visoke pH vrijednosti. Ovi rezultati pokazuju utjecaj vezanih nitrata na proces denitriranja. Općenito je poznato da povećanje koncentracije vezanih nitrata smanjuje vrijeme indukcije i ubrzava reakcije denitriranja. Također, poznato je da dodatak NaNO_2 ima znatan utjecaj na brzinu denitriranja HNO_3 .

Tablica 1. Kemijski sastav kratke simulirane smjese VRAO

Kemijski spoj	Konc./M
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.01
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	0.05
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	0.05
$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	0.05
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	0.20
$\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$	0.016
HNO_3	2

Tablica 1. prikazuje kemijski sastav kratke simulirane smjese VRAO. Kemijski i koncentracijski sastav ove smjese određen je tako, da je moguće pratiti kontinuirano taloženje metalnih hidr(oksida) s povećanjem pH za vrijeme denitriranja. Kratka simulirana smjesa VRAO



Slika 5.

denitrirana je kod različitih koncentracijskih odnosa $[HCOOH]/[NO_3^-]$, a vremenski uvjeti denitriranja bili su kao u prethodnim eksperimentima. Mjerene pH vrijednosti, prije i poslije dodatka H₂O₂, prikazane su na slici 5. Dobiveni rezultati pokazuju da su za navedene uvjete denitriranja konačne pH vrijednosti najviše za koncentracijski odnos $[HCOOH]/[NO_3^-] = 2$. Sličan koncentracijski odnos $[HCOOH]/[NO_3^-]$ dobiven je i kod denitriranja duge simulirane smjese VRAO.

Abstract In this work the influence of different factors on the process of denitration with formic acid has been investigated. The concentrations of HNO₃ and nitrate salts, the concentration ratio $[HCOOH]/[NO_3^-]$, the presence of ruthenium, as well as the chemical composition of simulated HLRW affect the process of denitration.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
PRIŠTINA 06.-09. JUNI 1989. GODINE

Gačević M.,¹ Stanković S.,² Mitrović R.,³ Begović J.²

- 1.- Vojna pošta 2416 Sarajevo
- 2.- INEP, Zemun, Odeljenje za fiziologiju i radiobiologiju
- 3.- Veterinarski institut Beograd

DEKONTAMINACIJA SVINJSKOG MESA VODOM POSLE
KONTAMINACIJE SA ^{137}Cs

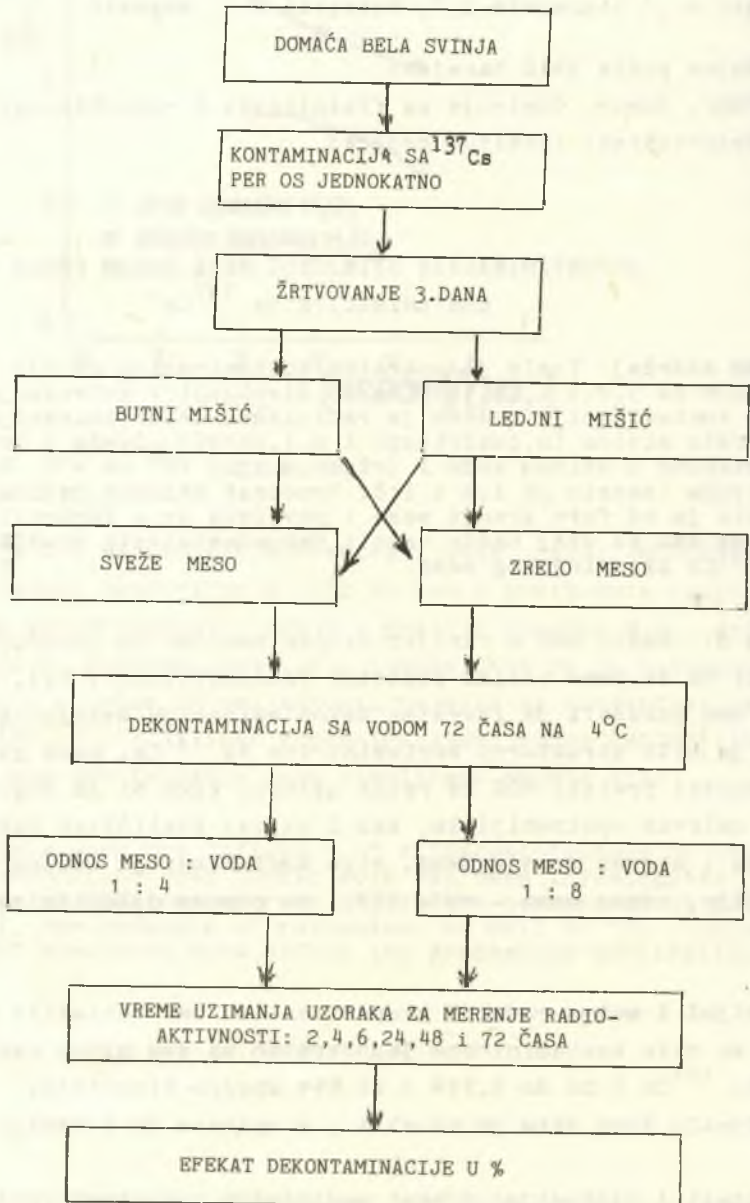
Kratak sadržaj: Posle jednokratne kontaminacije svinja per os sa dozom od 5.774 i 11.554 KBq/po životinji i žrtvovanja 3.dana posle kontaminacije vršena je radiološka dekontaminacija na dve vrste mišića (m.quadriceps i m.l.dorsi). Sveže i zrelo meso je potapano u običnu vodu i držano u njoj 72^h na 4°C. Odnos meso:voda iznosio je 1:4 i 1:8. Procenat skinute radioaktivnosti zavisio je od faze zrenja mesa i povećava se u funkciji vremena, tako da smo na ovaj način uspeli dekontaminirati 50-80% ugradjenog ^{137}Cs iz svinjskog mesa.

Uvod: Pošto smo u ranijim eksperimentima na kokošijem mesu uspeli da skinemo veliki postotak radioaktivnosti (2), ovoga puta smo pokušali da izvršimo dekontaminaciju svinjskog mesa koje je bilo strukturno kontaminirano sa ^{137}Cs , kada nivo radioaktivnosti prelazi MDK za ratne uslove, kako bi se moglo proglašiti uslovno upotrebljivim, kao i uticaj različitih faktora (vrsta i stepen zrenja mesa, nivo kontaminacije dužina dekontaminacije, odnos meso - voda itd.) na proces dekontaminacije.

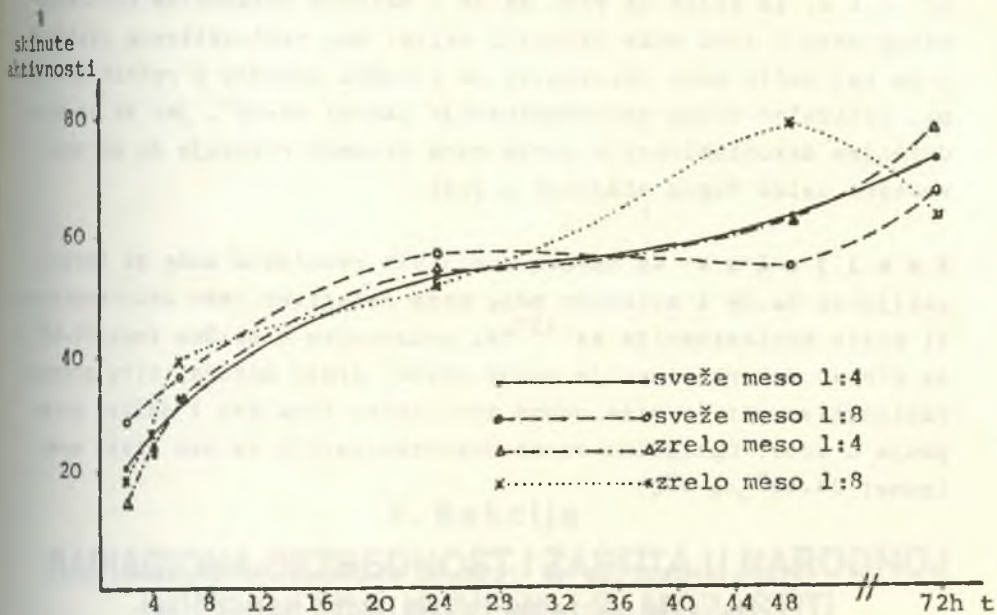
Materijal i metod rada: U eksperimentima smo koristili 6 svinja koje su bile kontaminirane jednokratno sa dva nivoa radioaktivnosti ^{137}Cs i to do 5.774 i 11.554 KBq/po životinji. Detaljnija šema data je na sl.l., a opisana je i ranije (1 i 3).

Rezultati i diskusija: Efekat radiološke dekontaminacije strukturno kontaminiranog svinjskog mesa sa ^{137}Cs pri različitim uslo-

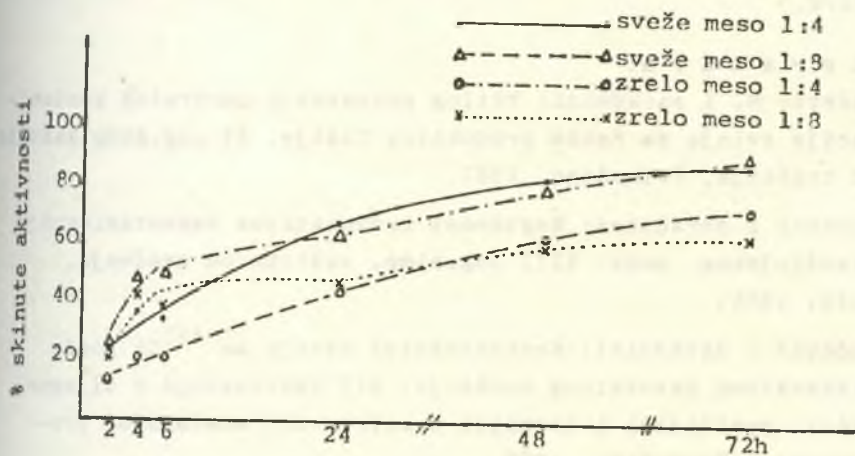
ŠEMA 1. PRIKAZ KONTAMINACIJE SVINJA SA ^{137}Cs I NAČINA DEKONTAMINACIJE SVINJSKOG MESA SA VODOM



GRAFIKON 1 - Efekat radiodekontaminacije butne muskulature svinja sa vodom (kontaminirano 72^h) posle aplikacije ¹³⁷Cs (doze 5.774 KBq/po životinji)



GRAFIKON 2 - Efekat radiodekontaminacije ledjne muskulature svinja sa vodom (kontaminirano 72^h) posle aplikacije ¹³⁷Cs (doze 5.774 KBq/po životinji)



vima praćeni su preko ukupne gama radioaktivnosti a izražavani su u % skinute radioaktivnosti. Rezultati su prikazani na graf. br. 1 i 2. iz kojih se vidi da se i običnim potapanjem kontaminiranog mesa u vodu može ukloniti veliki deo radioaktivnog cezijuma, i na taj način meso osposobiti za ljudsku ishranu u ratnim uslovima. Optimalno vreme dekontaminacije iznosi 24-48^h, jer se sa produženjem dekontaminacije posle ovog vremena rizikuje da se meso pokvari usled dugog stajanja u vodi.

Z a k l j u ć a k: Na osnovu dobijenih rezultata može se izvesti zaključak da se i svinjsko meso može relativno lako dekontaminirati posle kontaminacije sa ¹³⁷Cs, potapanjem u običnu vodu 24-48^h. Na efekat dekontaminacije manje utiče, vrsta mišića, nivo početne radioaktivnosti, a više odnos meso:tečna faza kao i dužina potapanja u vodi. Optimalno vreme dekontaminacije za ovu vrstu mesa iznosi 24-48^h na 4^oC.

DECONTAMINATION OF PORK BY MEANS OF WATER WHEN
THE PORK HAS BEEN CONTAMINATED WITH ¹³⁷Cs

Summary: After once occurring contamination **per os**, dose rate 5.774 and 11.554 KBq per an animal and after slaughtering the animals the third day after contamination, radiological decontamination of two sorts of muscles (m.quadriceps and m.l.dorsi) was done. Fresh and "ripe" meat were dipped into drinking water for a period of 72^h hours. Water temperature was +4^oC. Ratio meat:water was 1:4 and 1:8. Percentage of eliminated radioactivity depend on phase of "meat ripening" and it increased as time was passing. In this way we managed to eliminate 50-80% of ¹³⁷Cs contamination out of the pork.

L i t e r a t u r a:

1. Gaćević M. i saradnici: Prilog poznavanju peroralne kontaminacije svinja sa nekim produktima fisije. XI Jug.simp.zaštite od zraćenja, Primošten, 1981.
2. Gaćević i saradnici: Mogućnost radioaktivne dekontaminacije životinjskog mesa. XIII Jug.simp. zaštite od zraćenja, Pula, 1985.
3. Gaćević i saradnici: Kontaminacija svinja sa ¹³⁷Cs posle višekratnog peroralnog unošenja. XII Savetovanje o dijagnostici, profilaksi i terapiji u savremenoj stočarskoj proizvodnji. Primošten, 1988.

7. Sekcija

RADIACIONA BEZBEDNOST I ZAŠTITA U NARODNOJ ODBRANI I DRUŠTVENOJ SAMOZAŠTITI

Iarić M., Smiljanić R., Todorović D., Gršić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
CROER Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu
kivotne sredine

ELEMENTI CIVILNE ZAŠTITE I NARODNE ODBRANE U RADOVIMA
SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
U PERIODU 1963 - 1987.GODINE

Uvod

Daje se pregled radova, po vrsti i broju, od interesa za civilnu zaštitu i narodnu odbranu a koji su referisani na Simpozijumima Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja od 1963. do 1987.godine.

Povezanost i uzajamni uticaj problematika zaštite od jonizujućih zračenja, civilne zaštite i narodne odbrane nije potrebno posebno dokazivati. Sve tri delatnosti imaju za cilj zaštitu populacije od štetnog delovanja jonizujućeg zračenja i kontaminacije. Razumljivo je da se javljaju i određene razlike uzevši u obzir specifičnosti pristupa - zaštita profesionalaca, zaštita kod pojedinih mašina, fundamentalna istraživanja sa jedne strane odnosno masovnost mera pripreme, organizacija monitoringa, specifičnosti pojedinih vrsta merenja i trijaže sa druge strane. Medjutim, bitno je naglasiti to, da se ove problematike moraju da posmatraju i tretiraju kao interdisciplinarne.

Interesantno je napomenuti da je I Jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, održan 8-12.oktobra 1963.godine u Portorožu i da je organizator Simpozijuma bila Uprava za civilnu zaštitu DSNO i Savezna komisija za nuklearnu energiju. Od tada pa do ovog XV Simpozijuma, postoji kontinuitet u referisanju i prikazivanju ove materije na jugoslovenskom nivou.

Sa napred navedenog stanovišta izvršena je analiza materijala referisanih na Jugoslovenskim simpozijumima o zaštiti od zračenja radi uvida u to koji materijali mogu da predstavljaju sponu zaštite od zračenja, civilne zaštite i narodne odbrane.

Pregledani materijali svrstani su u deset posebnih tematskih grupa, koje na određeni način, mogu da odgovore zahtevima civilne zaštite i narodne odbrane u najširem smislu. Usvojena podela na tematske grupe kao i sadržaji koji su poslužili kao osnova za datu polu navode se kako sledi.

Opšti problemi i organizacija. Materijali obuhvaćeni ovom celinom

odnose se pretežno na mere i akcije, na značaj i osnovne principe organizacije zaštite i dekontaminacije, na obuku kadrova, formiranje mernih mreža, aktivnosti CZ na zaštiti od zračenja i na pitanja korišćenja naučno-tehničkih informacija.

2. Radionuklidi u životnoj sredini. Materijali se odnose na stanje radioaktivnosti životne sredine i sadržaj veštačkih radionuklida u njoj tj. u vazduhu, vodi zemljištu, hrani i dr. Obuhvaćena su i pitanja migracija, translokacija i koncentracionih faktora.

3. Kontaminacija i dekontaminacija. Uzeti su u obzir materijali koji se odnose kako na pojave i procese kontaminacije i dekontaminacije tako i na tehničke postupke primenljive u praksi. Od poslednjih odabrani su tehničko-tehnološki postupci dekontaminacije kao i neki postupci za dekontaminaciju hrane.

4. Medicinski problemi. Grupisani su materijali koji se odnose na dijagnostiku efekata zračenja na ljudski organizam, na eksternu i internu kontaminaciju, na postupke humane dekontaminacije (rane, opekotine, udružene radijacione povrede). Obuhvaćeni su i postupci detekcije kao i specifični problemi medicinske radijacione zaštite odnosno radioprotektora.

5. Akcidenti i nuklearne eksplozije. Odabrani su materijali o akcidentima različitog tipa i o njihovoj likvidaciji, o specifikaciji sekvenci nuklearnih eksplozija (vreme eksplozije, širenje čestica, i dr.) kao i radovi koji se odnose na veličine i jedinice koje se koriste kod nuklearnog oružja, detekcije i dozimetrije. Uključeni su i materijali o Černobilju.

6. Oprema za merenje zračenja. Uzeti su u obzir materijali koji daju podatke o konstrukciji, karakteristikama i primeni svih tipova opreme i uređaja koji su pogodni za merenja veličina potrebnih za preduzimanje mera zaštite.

7. Metode merenja. Odabrani su materijali koji se pre svega odnose na brze metode identifikacije radionuklida u različitim komponentama životne sredine i na odredjivanje kontaminacije.

8. Dozimetrija zračenja. Evidentirani materijali odnose se na različite tipove dozimetara, metode merenja i proračun doza. Registrovana su i pitanja dozimetrije u vanrednim uslovima i doze zračenja u pojedinim oblastima SFRJ.

9. Izloženost zračenju. Bazu predstavljaju radovi o izloženosti zračenju stanovništva i profesionalaca za vreme akcidenata i u toku dužeg vremenskog perioda, o dozama usled sadržaja radionuklida u lancu ishrane kao radovi o ozračenosti usled akcidenta u Černobilju.

10. Tehnička zaštita. Uzeti su u obzir radovi o merama zaštite (vreme izlaganja), o zaštitnim materijalim (ekranizacija), o radioprotektivnim osobinama ambalaže (hrana), o materijalima za zaštitnu odeću i o postupcima za smanjivanje kontaminacije mesa.

Broj radova prema napred prikazanoj podeli, za period 1963.-1987.godina, prikazan je na tablici br.1.

Na osnovu izloženog, može se zaključiti da se aktuelnost pojedinih problematika menjala u zavisnosti od društvenog i stručnog interesa za oblast civilne zaštite i narodne odbrane odnosno da je i uticaj struktura civilne zaštite i narodne odbrane na usmeravanje rada u oblasti zaštite od zračenja na odredjeni način bio nedovoljno definisan. Kao drugo, iz tabele se vidi da je zastupljenost pojedinačnih tema od praktičnog interesa za sprovođenje mera zaštite, posebno u širem opsegu, nedovoljna. Navedeno se odnosi pre svega na tehničku zaštitu, kontaminaciju-dekontaminaciju i akcidente. Elementarni podaci izneti u ovom radu mogu da posluže kao osnova za smernice za dalji rad u oblasti zaštite od zračenja za potrebe civilne zaštite i narodne odbrane.

Abstract

The brief review of the papers concerning civil defence problems, presented at the Symposia of Yugoslav Association for Radiation Protection is given, for the period 1963.-1987.

Literatura

Zbornici radova Jugoslovenskih simpozijuma zaštite od zračenja, I-XIV, 1963-1987.godine. Mesto održavanja različito.

Tablica br.1. VRSTA I BROJ ODABRANIH RADOVA ZA PERIOD 1963 - 1987.GODINA

Simpozijum godine	'63.	'65.*	'67.†	'69.	'70.	'72.	'73.	'75.	'77.	'79.	'81.	'83.	'85.	'87.	Ukupno
Broj radova															
1. Opšti problemi i organizacija	8	4	6	2	5	4	4	1	5	3	3	6	5	7	63
2. Radionuklidi u životnoj sredini	20	0	4	4	3	2	3	3	8	9	6	11	10	12	95
3. Kontaminacija i dekontaminacija	3	9	1	5	8	1	4	3	3	2	0	2	1	1	43
4. Medicinski problemi i dijagnostika	6	5	1	2	4	1	2	1	2	2	2	2	3	7	40
5. Akcidenti i nuklearne eksplozije	3	0	1	1	2	1	2	0	0	1	4	3	2	2	22
6. Opreme za merenje zračenja	11	2	12	3	3	4	1	0	3	0	5	5	5	1	53
7. Metode merenja	12	0	6	4	4	3	1	2	3	4	0	6	2	3	50
8. Dozimetrija	8	0	4	6	5	1	2	3	3	4	2	4	2	4	48
9. Izloženost zračenju	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	4	3	8	23
10. Tehnička zaštita	12	0	1	0	1	1	0	2	1	3	1	0	3	2	27
% od ukupnog broja radova	52	42	41	27	34	18	20	20	26	32	20	28	19	39	30

* Tematski simpozijum "Problemi radiološke dekontaminacije"

† Tematski simpozijum "Merenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja"

NEOPHODNOST PRIMENE METODE AEROGAMASPEKTROMETRIJSKIH ISPITIVANJA
U SLUŽBI NARODNE ODBRANE I DRUŠTVENE SAMOZAŠTITE

Milojević M.

Geoinstitut - Beograd, Rovinjska 12

Savremenici smo učestalih havarija nuklearnih postrojenja, od kojih je u najsvježijem sećanju havarija nuklearnog reaktora elektrane V.I. Lenjin u Černobilu, koja se dogodila krajem aprila i početkom maja 1986. godine. Posledica ove havarije bila je kontaminacija velikog dela Evrope veštačkim radioaktivnim izotopima.

Stručnjaci i široke mase stanovništva su došli do saznanja da je neophodno organizovati efikasan sistem kontrole čovekove okoline, u okviru kojeg bi značajno mesto imala kontrola i praćenje kontaminacije tla veštačkim radioaktivnim izotopima.

Pored havarije nuklearne elektrane "Ostrvo tri milje" obelodanjene su, istina sa zakašnjenjem, mnoge manje ili veće havarije drugih elektrana, koje su i relativno blizu nas, u Velikoj Britaniji i SR Nemačkoj, a koje su mogle uticati na kontaminaciju veštačkim izotopima i naših prostora.

Jedan od najpoučnijih događaja, koji srećom nije imao direktne posledice po zdravlje ljudi ali jeste na kontaminaciju prirode na velikoj površini, desio se u januaru 1978. godine prilikom pada sovjetskog satelita "Kosmos-954", koji je nosio nuklearni reaktor, na nenaseljene predele Severozapadnih Teritorija Kanade. Tom prilikom kontaminirana je površina, dužine 600 km, širine 30 km, radioaktivnim delovima raspadnutog nuklearnog reaktora.

Veliki broj proba atomskog oružja, takodje, predstavlja realnu opasnost, u mirnodopskim uslovima, za kontaminaciju naših prostora.

Moramo priznati da, ipak, u mirnodopskim uslovima za civilno stanovništvo najveću opasnost predstavlja primena atomske energije u nuklearnim centralama. Na našu nesreću Jugoslavija je okružena relativno velikim brojem atomskih centrala u neposrednoj blizini, a kao što smo mogli da doživimo čak ni one dalje nisu bezopasne. Černobil je udaljen od severne granice Jugoslavije oko 1000 km. Naravno ne smemo zaboraviti ni postojanje nuklearne elektrane u Krškou.

U slučaju iznenadne kontaminacije velike površine Jugoslavije veštačkim radioaktivnim izvorima, nastalim havarijama nuklearnih postrojenja, najznačajnije je odrediti položaje površina

sa intenzitetom radioaktivnog zračenja koji prelazi dozvoljene granice i na osnovu toga evakuisati stanovništvo.

Metoda aerogamaspektrometrijskih ispitivanja omogućava da u najkraćem mogućem roku za površine reda veličine više hiljada $/\text{km}^2/$ dobijemo stanje kontaminacije tla. Ona koristi spektrometar gama zračenja, sa detektorom - kristalom NaJ /Tl/ ukupne zapremine od 4-50 l, ugrađen u avion ili helikopter. Podaci ispitivanja registruju se u analognoj i digitalnoj formi i obradjuju računarom koji može biti lociran u bazi iz koje poleće letilica. U toku merenja radioaktivnog gama zračenja registruje se spektar energija od 0-3000 KeV u 256 kanala sa širinom kanala od 12 KeV.

U principu, merenja se mogu organizovati u cilju pronalazanja tačkastih, radioaktivnih izvora ili praćenja stepena kontaminacije na velikim površinama.

Ako se ukaže potreba za traženjem tačkastih izvora gama zračenja mora se poći od sledećih činjenica:

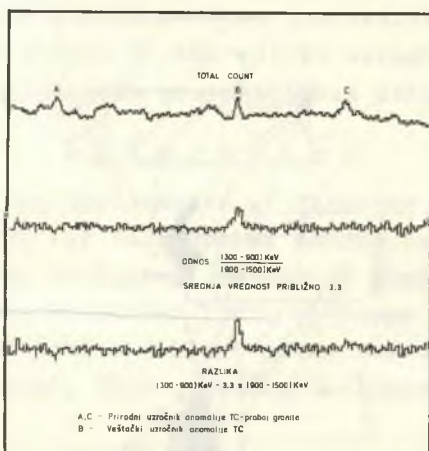
- Zajedničko kod svih opisanih slučajeva je da su produkti nuklearnih havarija, veštački radioaktivni izotopi koji se u spektru prirodnog gama zračenja nalaze najvećim delom u intervalu energija od 0-1000 KeV/.

- U prisustvu isključivo prirodnih radioaktivnih izotopa količnik "niskih" energija, na primer, od 300-900 KeV i "visokih" energija od 900-1500 KeV je veličina koja se kreće oko broja 3.3.

- Svako prisustvo veštačkih izotopa remeti količnik "niskih" i "visokih" energija prilikom čega se dobijaju veličine i nekoliko desetina puta veće od 3.3.

U opisanoj fizičkoj karakteristici spektra gama zračenja nalazimo mogućnost za određivanje pozicija tačkastih veštačkih radioaktivnih izvora.

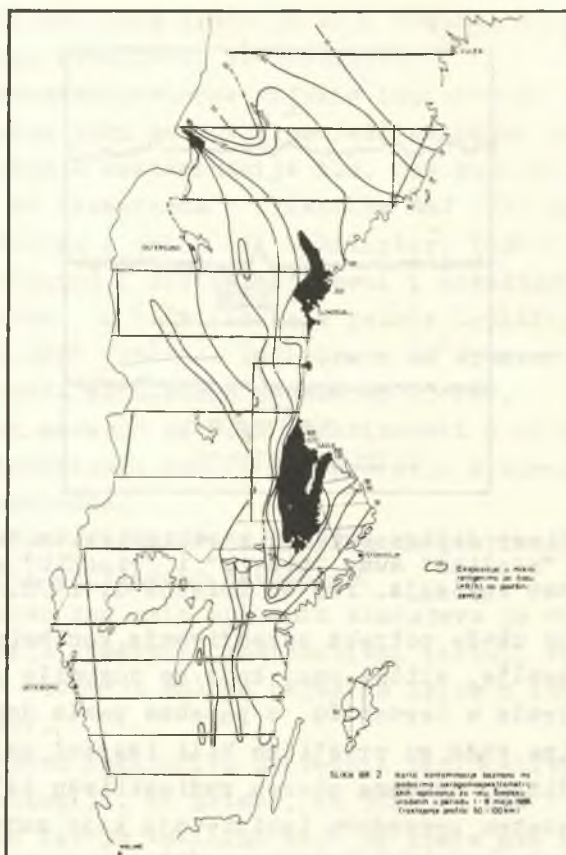
Na slici br. 1 prikazan je dijagram koji jasno ukazuje na postojanje veštačkog izvora gama zračenja označenog sa /B/ na krivama TC, "odnosa" i "razlike". Anomalije /A/ i /C/ prirodnog su porekla i ukazuju na položaje granitskih tela na profilu ispitivanja.



Sl.br.1. Primer dijagnostičkih karakteristika "odnosa" i "razlike" suma "niskih" i "visokih" energija gama zračenja. /Po Q. Bristow-u, 1978./

Ako se ukaže potreba određivanja kontaminacije širokog prostora naše zemlje, slična onoj koja se dogodila u toku havarije atomske centrale u Černobilu, a posebno posle jakih prvomajskih kiša 1986. godine kada su praktično bili isprani oblaci sa finom nuklearnom prašinom, odnosno oboren radioaktivan talog, neophodno je primeniti posebnu proceduru ispitivanja koja zahteva obavljanje niza kontrolnih merenja duž baznih profila.

Rezultat takve procedure je karta kontaminacije koja prikazuje ekspoziciju u mikrorentgenima po času ili kontaminaciju terena cezijumom-134 izraženu u $/kBq/m^2/$ kao što je prikazano na slici br. 2.



Sl.br.2. Karta kontaminacije bazirana na podacima aerogamaspektrometrijskih ispitivanja za celu Švedsku za period 1-8 maj 1986.g. /Po A.Linden-u i H. Mellander-u/

U ovih nekoliko redaka ukazano je na mogućnost primene metode aerogamaspektrometrijskih ispitivanja u cilju praćenja i kontrole stepena kontaminacije tla veštačkim radioaktivnim izotopima koji nastaju u slučajevima havarija nuklearnih postrojenja. Da bi smo bili spremni u slučaju iznenadnih događaja neophodno je jednom ili dva puta godišnje vršiti merenja duž stalnih profila što bi omogućilo konstatovanje eventualnih promena i bilo znak za pojačane aktivnosti.

Smatramo da je neophodno učiniti sve potrebne radnje da bi smo bili spremni u nekom kritičnom periodu, sličnom onom koji je bio za vreme havarije u Černobilu, kada, mora se priznati, nije bilo dovoljno sinhronizacije, naročito u početku, i postupnosti

u delovanju različitih službi zaštite stanovništva, od kojih bi jedno od prvih mesta morala da ima metoda aerogamaspektrometrijskih ispitivanja što Švedjani nisu propustili da primene.

L i t e r a t u r a

1. Q. Bristow 1978: The Application of Airborne Gamma-ray Spectrometry in the search for radioactive debris from the Russian satellite Cosmos-954, Geological Survey of Canada, Paper 78-1B.
2. Anders Linden, Hans Mellander 1986: Airborne measurements in Sweden of the radioactive fallout after the nuclear reactor accident in Chernobyl, USSR, Swedis Geological Company, Stocholm.

Summary

The paper presents the possibilities of use airborne gamma-ray spectrometry in the scope of the complex "monitoring" system which will be used in normal periods.

In accidental situation this is the primary method on which all other protection procedures are based on.

NAJNOVO MESTO ZA PROCENU RADIOAKTIVNOG ZAGADJIVANJA
ŽIVOTNE SREDINE U SLUCAJU NUKLEARNE NESREĆE

Djurić Gordana, Šmelcerović, M.

Veterinarski fakultet, Beograd

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

Kratak sadržaj : Prikazana je šema mernih mesta za merenje radioaktivnog zagadjenja životne sredine u slučaju nuklearnih nesreća širih razmera. Ova šema mernih mesta predlaže se kao dopuna postojeće merne mreže -monitoringa radioaktivnog zagadjenja, a koja postoji u redovnim uslovima. Opisani su optimalni uslovi za rad pojedinih mernih mesta (metode merenja, oprema, kadar i dr.) i njihova međusobna povezanost. Na osnovu iskustva u radu jednog ovakvog mernog mesta, koje je radilo posle nuklearne nesreće u Černobilju, ukazano je na probleme i propuste u radu a dati su i predlozi za rešavanje istih.

U V O D

Kontrola radioaktivnosti životne sredine u redovnim uslovima može da se organizuje sa manjim brojem mernih mesta uz pokrivanje cele teritorije zemlje sa ustanovljenim brojem uzoraka. U slučaju nuklearnih nesreća mogu da se razlikuju sledeće situacije:

- prostorno ograničeno rasipanje radioaktivnog materijala, sa niskim nivoima masene aktivnosti radionuklida namirnica, stočne hrane, vode i dr.;
- prostorno neograničeno rasipanje radioaktivnog materijala, sa niskim i srednjim nivoima masene aktivnosti radionuklida u datim uzorcima;
- prostorno neograničeno rasipanje radioaktivnog materijala, sa srednjim i visokim nivoima masene aktivnosti radionuklida u datim uzorcima (Šmelcerović idr.1987).

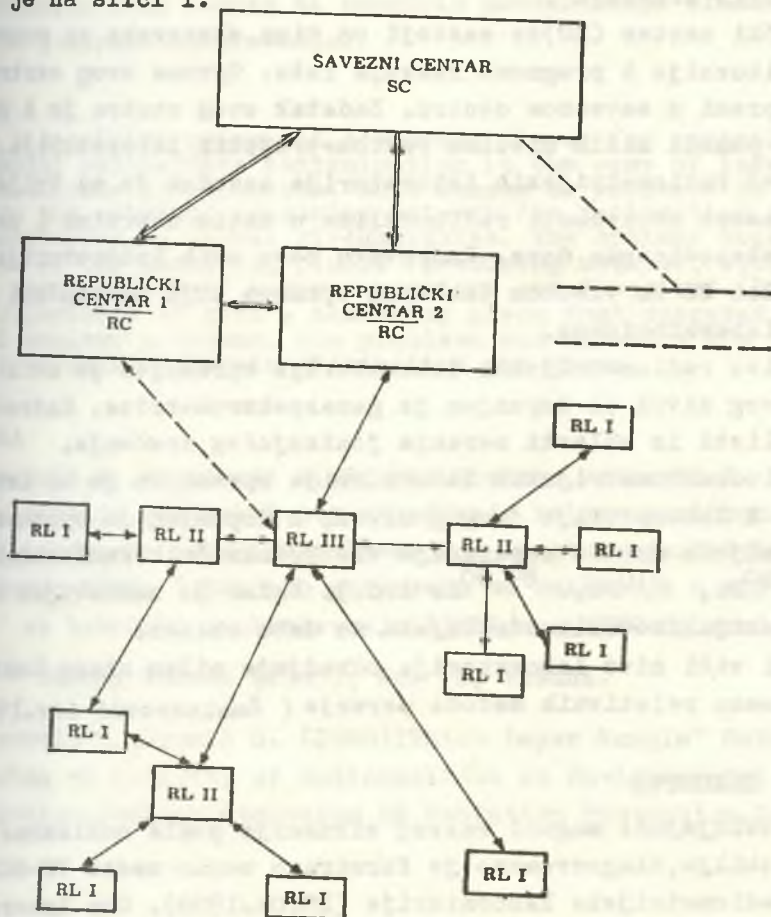
Srednji, nizak i visok nivo masene aktivnosti radionuklida sa date uzorke definisani su tzv. interventnim nivoima, koji se propisuju za svaku vanrednu situaciju (IAEA, No 72).

U slučaju ograničenog rasipanja radioaktivnog materijala u životnoj sredini, postojeća mreža kontrole radioaktivnosti relevantnih uzoraka je, u principu, dovoljna. Međutim, ako je rasipanje radioaktivnog materijala prostorno neograničeno, neophedna je dopu-

na postojeće merne mreže. Iz ovoga sledi i cilj ovog rada, a to je predlog organizacije merne mreže, namenjene proceni radioaktivnog zagađivanja životne sredine u slučaju nuklearnih nesreća većih razmera.

ORGANIZACIJA PROŠIRENE MERNE MREŽE

Sistem merne mreže sadrži u sebi merne mesta, centre za donošenje odluka i preporuka, kao i komunikacionu mrežu za prenos informacija. Organizovanje i opremanje ovakve mreže treba da je jedinstveno na nivou zemlje. Predlog organizacije proširene merne mreže prikazan je na slici 1.



Sl.1. Proširena merne mreža za merenje radioaktivnog zagađivanja

MERNA MESTA

Zadatak pojedinih centara za davanja preporuka i mernih mesta je:

- Savezni centar (SC) prikuplja i objedinjuje sve informacije i isključivo komunicira sa sredstvima javnog informisanja, saveznim organima uprave i međunarodnim organizacijama. Kadar centra čine eksperti iz oblasti zaštite od jonizujućeg zračenja. Oprema ovog centra obuhvata savremenu računarsku tehniku sa pripremljenom programskom podrškom, namenjenom izračunavanju i prognozi radijacionog opterećenja stanovništva. Takođe, centar mora da bude opremljen radiometrijskom laboratorijom vrhunskih karakteristika. Zadatak centra je proglašavanje događaja iz Zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja .
- Republički centar (RC) se sastoji od tima eksperata za procenu nastale situacije i prognozu razvoja iste. Oprema ovog centra je slična opremi u saveznom centru. Zadatak ovog centra je i pružanje stručne pomoći nižim nivoima radiometrijskih laboratorija.
- Prvi nivo radiometrijskih laboratorija zadužen je za trijažna merenja masene aktivnosti radionuklida u datim uzorcima i merenja jačine ekspoziционе doze. Kadrovsku bazu ovih laboratorija čine pripadnici CZ sa visokom školskom spremom koji su obučeni za rad u ovim laboratorijama.
- Drugi nivo radiometrijskih laboratorija opremljen je svim sredstvima prvog nivoa, a dopunjen je gamaspektrometrima. Kadrovi su specijalisti iz oblasti merenja jonizujućeg zračenja.
- Treći nivo radiometrijskih laboratorija opremljen je na isti način kao i laboratorije drugog nivoa, a dopunjen je opremom za radiohemijske metode separacije visokotoksičnih radionuklida ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{210}Po , $^{89,90}\text{Sr}$ itd.). Kadar je sastavljen od visoko specijalizovanih stručnjaka za datu oblast.

Svaki viši nivo laboratorija određuje nižem nivou koeficijente za primenu relativnih metoda merenja (Šmelcerović idr. 1987, 1988).

PRAKTIČNA ISKUSTVA

Predviđajući mogući razvoj situacije posle nuklearne nesreće u Cernobilju, blagovremeno je formirano merno mesto VF-BGD i to II nivo radiometrijske laboratorije (28.04.1986). Ova laboratorija je prva u SR Srbiji izmerila masenu aktivnost kiše, zemle, zelene mase i vazduha (1. maja 1986). Osnovni problemi u radu ove laboratorije bili su: obezbedjenje opštih uslova rada, neorganizovano i neadekva-

tno dopremanje uzoraka, neblagovremeno propisivanje normi, nedostatak kadra, opreme, prostora i dr.

Z A K L J U C A K

Za dobro funkcionisanje predložene merne mreže svi nivoi laboratorija i centara moraju da budu opremljeni jedinstvenom opremom i da primenjuju jedinstvenu metodologiju rada. Neophodna je obuka predviđenog kadra i provera u radu, kao i interkomparativna merenja za svaku od metoda merenja. Nepostojanje jedinstvenog informacionog sistema za radijacioni monitoring je jedan od propusta u proteklom vremenu. Uz automatsko predviđanje razvoja nastale situacije ovaj sistem bi omogućio preduzimanje efikasnih mera zaštite od jonizujućih zračenja.

ABSTRACT

The disposition scheme of measuring places for controlling of environmental radioactive contamination in the case of large scale nuclear accidents is presented. This scheme is proposed as a supplement to the existing measuring network for radioactive contamination monitoring in normal circumstances. The optimal working conditions of the measuring places (measuring methods, equipment, personnel etc.) and their interconnections are described. Based on working experience of such a measuring place that operated after Chernobyl nuclear accident, the problems and mistakes are indicated and proposals for their elimination are given.

LITERATURA

1. Šmelcerović, M., Koturović A., Djurić Gordana, Petrović, B. (1987) Sistem merenja radioaktivnog zagađenja biljne proizvodnje Zbornik referata prvog jugoslovenskog savetovanja: Zaštita i spasavanje bilja i biljnih proizvoda od uništenja u miru i ratu, Zavod za tehničko izobraževanje, Ljubljana, SSNO-Beograd, 309-317.
2. IAEA Safety Guides (1985), No. 72, Vienna.
3. Šmelcerović M., Djurić G. (1988) "Thick Layer Sample" Method for Measuring of Activity of Radionuclides in Environmental Samples, II Yugoslav-Italian Symposium on Radiation Protection, Udine.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE POČETNOG IMPULSA NUKLEARNIH ZRAČENJA NUKLEARNIH EKSPLOZIJA

U radu su date neke od osnovnih karakteristika početnog impulsa nuklearnih zračenja nuklearnih eksplozija. Razmatrana je zavisnost ukupne doze, brzine doze i odnosa neutronske u ukupnoj dozi nuklearnog zračenja od rastojanja od centra nuklearne eksplozije, snage nuklearne eksplozije i vrste nuklearnog oružja.

UVOD

Početni impuls nuklearnih zračenja nuklearnih eksplozija (PINE) je impuls početnog neutronske i gama zračenja van područja vatrene lopte, koji se emituje u toku prve minute posle nuklearne eksplozije (NE) /1/. Osnovne karakteristike PINE su:

- ukupna doza u zavisnosti od rastojanja (R) od centra NE, snage NE ($W(k_t)$) i vrste nuklearnog oružja (NO);
- odnos neutronske i ukupne doze u zavisnosti od R i vrste NO;
- brzina doze u zavisnosti od R, W i vrste NO;
- energetski spektri neutronske i gama zračenja u zavisnosti od R, vrste NO i drugih faktora okoline; i
- ugaone distribucije doze i brzine doze neutronske i gama zračenja u zavisnosti od R, vrste NO i drugih faktora okoline.

U ovom radu date su prve tri karakteristike PINE dok su ostale dve detaljno opisane u literaturi /2/. Podaci o karakteristikama PINE potrebni su za projektovanje zaštite, dozimetrijske opreme i simulatora PINE.

UKUPNA DOZA PINE

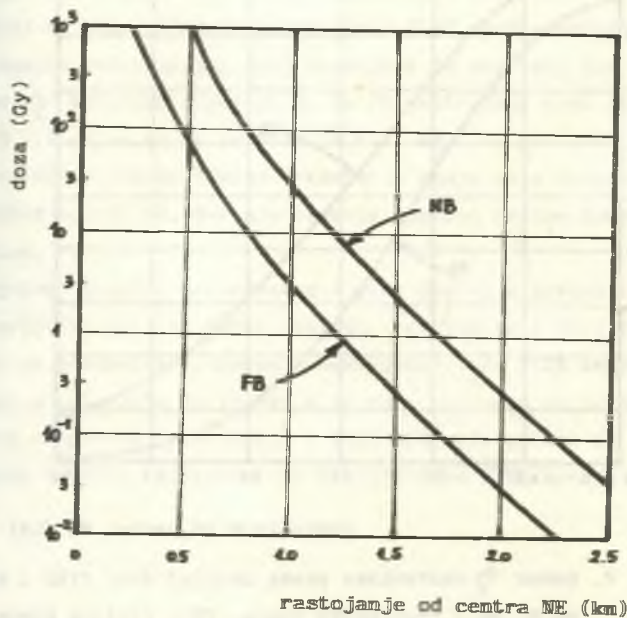
Na slici 1 prikazani su dijagrami ukupne doze PINE za $W=1$ kt u zavisnosti od R, za neutronske bombe (NB) i fisionu bombu (FB). Za $W \neq 1$ kt dijagrami na slici 1 koriste se na sledeći način:

- Za NB i određenu vrednost R dozu sa dijagrama na sl. 1 treba pomnožiti sa W. Na primer ako je $W=3$ kt i $R=2$ km onda je ukupna doza PINE jednaka $0.28 \cdot 3 = 0.84$ Gy, gde je 0.28 Gy očitana vrednost sa slike 1 za $R=2$ i NB.

- Za FB i određenu vrednost R dozu sa dijagrama na slici 1 treba pomnožiti sa

$$W_F = \begin{cases} W & \text{za } W \leq 1 \\ W(1 + 3.5 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{W-1}) & \text{za } W > 1 \end{cases}$$

Na primer ako je $R = 1.5$ km, $W = 100$ kt onda je ukupna doza PINE jednaka $0.26 \cdot 135 = 35$ Gy.



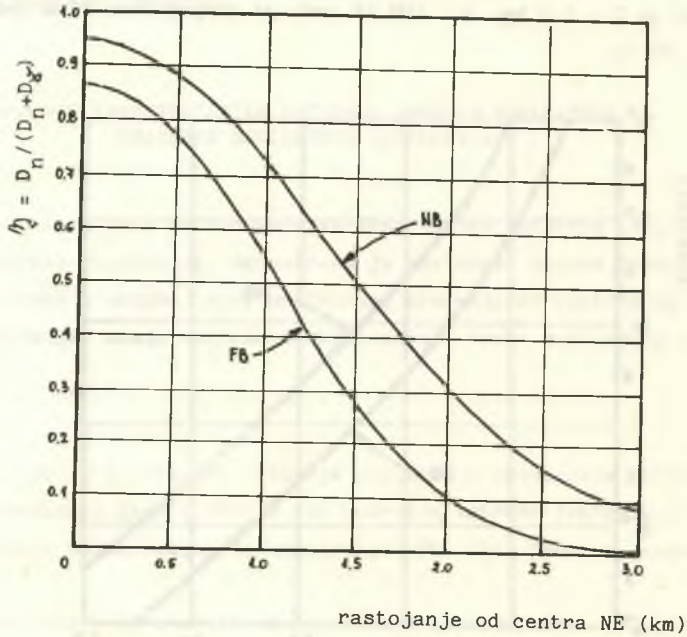
Sl. 1. Ukupna doza PINE u zavisnosti od R , za $W=1$ kt;
NB - neutronska bomba, FB - fisiona bomba

ODNOS NEUTRONSKE PREMA UKUPNOJ DOZI PINE

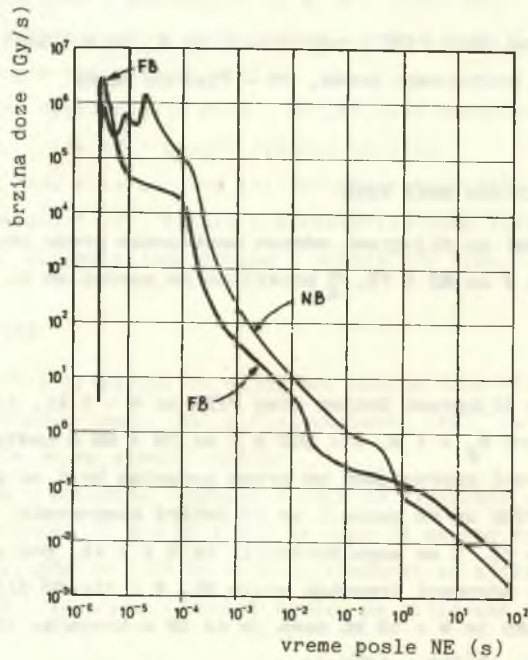
Na slici 2 prikazani su dijagrami odnosa neutronske prema ukupnoj dozi PINE ($\frac{D_{NB}}{D_{FB}}$) u zavisnosti od R za NB i FB. $\frac{D_{NB}}{D_{FB}}$ praktično ne zavisi od W .

BRZINA DOZE PINE

Na slici 3 dati su dijagrami brzine doze PINE za $W = 1$ kt, visinu NE $H_s = 15$ m, visinu detektora $H_d = 1$ m, $R = 900$ m i za FB i NB u zavisnosti od vremena posle NE. Ovi dijagrami napravljeni su prema podacima koji su dati u literaturi [3,4]. Brzina doze PINE od FB sastoji se od četiri komponente, od NB od šest komponentata. Dijagrami na sl. 3 se mogu koristiti za $W \neq 1$ kt, pod uslovom da je $W < 30$ kt i to tako da za određeni trenutak posle NE, R i tip NO dijagrami na sl. 3 se pomnože sa W . Npr. ako je $W = 10$ kt onda je za NB u trenutku 10^{-4} s posle NE ukupna brzina PINE jednaka $10^5 \cdot 10 = 10^6$ Gy/s.



Sl. 2. Odnos η neutronske prema ukupnoj dozi PINE u zavisnosti od R; NB - neutronska bomba, FB - fisiona bomba



Sl. 3. Ukupna brzina doze PINE za $W=1$ kt, $H_s=15$ m, $H_d=1$ m i $R=900$ m u zavisnosti od vremena posle NE

DISKUSIJA

Za svaku $W < 30$ kt ukupna doza PINE za $R > 3$ km je sa dozimetrijskog staništa zanemarljivo mala. Pri oceni ukupne doze PINE može se koristiti jedno grubo pravilo: za svako $R > 1$ km ukupna doza PINE opadne približno 10 puta svakih 500 m. Pri manjim rastojanjima ovaj gradijent je sve veći što je rastojanje manje.

Odnos γ monotono opada sa R . Za FB neutronska doza je manje od gama doze za svako $R > 1.1$ km, a za NB za svako $R > 1.5$ km

Brzina doze PINE za fiksnu vrednost R menja se u dijapazonu od oko 9 dekada bez obzira na tip NO. Merenje ovakvog impulsa brzine doze je težak dozimetrijski problem.

Energetski spektri neutronske i gama zračenja zavise od vrste NO, R , H_s , H_d i karakteristika okoline (voda, vazduh, refleksije i sl.) /2/. Iz analize podataka sledi da dozimetri za merenje neutronske doze PINE treba da budu energetski nezavisni u intervalu do 14 MeV, a za gama zračenje do 12 MeV.

Ugaone raspodele neutronske i gama zračenja zavise od NO, R , H_s , H_d i karakteristika okoline. Dozimetri za merenje doze PINE moraju biti ugaono nezavisni.

ABSTRACT

Some of the basic characteristics of impulse gamma and neutron radiation of nuclear explosion are presented in this paper. Functional dependence of dose, dose rate and neutron to total dose ratio versus distance, power and type of nuclear explosion is given.

LITERATURA

- /1/ V.Vojvodić: "Početni impuls nuklearnih zračenja nuklearnih eksplozija malih snaga", VTG, br. 5, 562-574, (1982).
- /2/ E.A.Straher: "The effect of the ground on the steady-state and time-dependent transport of neutrons and secondary gamma rays in the atmosphere", Nucl. Sci. Eng., 46, 334-355 (1971).
- /3/ V.Vojvodić: "Brzina doze početnog impulsa nuklearnih zračenja fisionih nuklearnih eksplozija", VTG, br. 4, 381-393, (1988).
- /4/ V.Vojvodić: "Brzina doze PINE neutronske oružja", VTG, br. 5, 501-511, (1988).

DISPERZIONI MODELI U SAVREMENIM KODOVIMA ZA PROCENU POSLEDICA
AKCIDENTA NA NUKLEARNOM REAKTORU

Gršić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

OUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

Abstrakt. Dat je prikaz disperzionih modela u kodovima CONDOR (Velika Britanija), UFOMOD (Zapadna Nemačka) i NKA (Danska, Finska, Norveška, Švedska). Prikazani modeli se praktično svode na pravolinijski Gausov model dimne perjanice i trajektorijski model.

Uvod. Modelovanje atmosferske disperzije ima veliki značaj u kodovima za procenu posledica akcidenta na nuklearnom reaktoru, zato što se izvođenje verovatnoća pojavljivanja određenih posledica, zasniva na proračunu prostorne i vremenske raspodele radioaktivnosti disperzionim modelima.

Postoji veliki broj modela za atmosfersku disperziju i postoje razne klasifikacije ovih modela, međutim ovde su prikazana tri tipa modela koji se najčešće koriste:

1. Pravolinijski Gausov model
2. Trajektorijski model
3. Modeli zatvaranja višeg reda

1. Pravolinijski Gausov model

Ako se pretpostavi da je strujni tok stacionaran i horizontalno homogen, zatim da je teren ravan i horizontalno homogen i da je homogen u pogledu hrapavosti i ako se pretpostavi da se u atmosferu, iz tačkastog izvora kontinualno emituje gasoviti polutant, raspodela koncentracije tog polutanta oko izvora podleže zakonu normalne raspodele.

Treba istaći, da je jedan od osnovnih razloga, zbog kojih je ovo najčešće primenjivan model u svetu, to što se proračuni koncentracije

u svim tačkama računске mreže, na rastojanju do oko 80km od izvora, dobijaju na osnovu meteoroloških merenja u samo jednoj tački na lokaciji izvora.

Zbog ovog, kao i zbog drugih pozitivnih osobina modela, uradjena su prilagodjenja i neregularnim uslovima terena i fizičkih polja. Ova prilagodjavanja rade se eksperimentalnim odredjivanjem parametara raspodele za svaku lokaciju posebno i uvodjenjem nekih drugih teorijskih pretpostavki.

2. Trajektorijski model

U trajektorijskom modelu, zapremina izbačenog polutanta prenosi se vetrom koji se računa kao srednji vetar, reprezentativan za transport te zapremine. Ako je ispuštanje iz izvora kontinualno, modeluje se kao serija izbačenih diskretnih zapremina polutanta u jednakim vremenskim intervalima. U svakom koraku vremena modeluje se advekcija, difuzija i disperzija svake individualne zapremine. Pored dobrih strana, koje se ogledaju pre svega u uključivanju promena meteoroloških parametara u vremenu i prostoru, model ima i loših strana koje se ogledaju u potrebi za meteorološkim merenjima u više tačaka i na više nivoa, radi odredjivanja polja vetra i meteoroloških uslova duž trajektorije diskretne zapremine izbačenog polutanta. Zbog ovog, kao i zbog potrebe za dužim računskim vremenom, pomenuti model je skup za praktičnu primenu.

3. Modeli zatvaranja višeg reda

Ovi modeli se zasnivaju na rešavanju sistema parcijalnih diferencijalnih jednačina mehanike fluida. Kompletan sistem, sastoji se od trinaest parcijalnih diferencijalnih jednačina i u klasifikaciji Mellora i Yamade nosi naziv MODEL NIVO 4. Pored teškoća koje su čisto matematičke prirode i potrebe za velikim računskim vremenom na moćnijim kompjuterima, priličan problem predstavlja snabdevanje modela sa ulaznim podacima.

Pojednostavljenjima modela NIVO 4, uz izvesne matematičke i fizičke pretpostavke, dobijaju se modeli nižih nivoa (3), (2.5), (2) i (1), koji su po-

voljniji za primenu, jer se smanjuje broj dinamičkih (diferencijalnih po vremenu) u korist dijagnostičkih (algebarskih) jednačina. I kod modela nižih nivoa problem snabdevanja ulaznim podacima ostaje otvoren.

Treba istaći da ovi modeli predstavljaju budućnost modelovanja procesa u planetarnom graničnom sloju i modelovanja samog planetarnog graničnog sloja.

Disperzioni modeli u kodovima CONDOR, UFOMOD i NKA

Navedeni kodovi imaju modularnu konstrukciju, zbog toga, disperzione modele koji sada ulaze u strukturu ovih kodova, treba shvatiti kao jedno od "rešenja", a modularnost im omogućava ugradnju kako najjednostavnijih tako i najsloženijih disperzionih modela.

Svi kodovi imaju rezultate sa pravolinijskim Gausovim modelom. Diskretne zapremine izbačenog polutanta, u ovom modelu, imaju pravolinijske "trajektorije", a doprinos u računskim tačkama od pojedinih zapremina računa se prema Gausovoj raspodeli.

Da bi se uračunale promene meteoroloških uslova u toku vremena, model je modifikovan u smislu, da se na kraju vremenskog intervala, za koji su važili jedni meteorološki uslovi, uzima novi set meteoroloških podataka, na osnovu kojih se proračunava pravac rasprostiranja diskretnih zapremina i raspodela koncentracije polutanta u njima. Na taj način dobijaju se izlomljene pravolinijske trajektorije, koje se računaju na osnovu pravca i brzine vetra na lokaciji izvora.

Najviše primenjivan disperzioni model, u navedenim kodovima je trajektorijski model koji je razvijen u Nacionalnoj laboratoriji Risø - Danska. Naziv modela je RIMPUFF i za razliku od prethodnog, "izlomljenog pravolinijskog" modela, ovde se trajektorije računaju na osnovu merenja sa više meteoroloških stanica, koje pokrivaju celu računsku oblast.

U još jednoj bitnoj stvari se ova dva modela razlikuju. Promene fizičkih polja sada osećaju sve diskretne zapremine, dok je u pretho-

dnom modelu te promene osećala samo diskretna zapremina, koja je na kraju posmatranog vremenskog intervala prešla najduži put. Posledica ovakvog modelovanja je različita geometrija i površina kontaminirane oblasti (sl.1.).



Sl.1. Ilustracija "izlomljenog pravolinijskog" modela i modela RIMPUFF

Rezime. U savremenim kodovima za procenu posledica akcidenta na nuklearnom reaktoru u najširoj primeni su trajektorijski disperzioni modeli. Standardni pravolinijski Gausov model dimne perjanice sve više se zamenjuje "izlomljenim pravolinijskim" modelom. Disperzioni modeli zatvaranja višeg reda još uvek ne nalaze primenu u navedenim kodovima.

Abstract. This paper presents a short review of dispersion models in new probabilistic consequence analysis codes CONDOR (Great Britain) UFOMOD (West Germany) and NKA (Denmark, Finland, Norway, Sweden). There are practically two types of these models: modified straightline Gaussian plume model and multi-puff trajectory model.

Literatura

Joint CEC/OECD (NEA) workshop on recent advances in reactor accident consequence assessment, Rome, Italy, 1988., EUR 11408 EN.

XV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD
ZRACENJA PRISTINA 06-09 VI 1989 GODINE

AKCIDENT SA RADIOAKTIVNIM IZVOROM Ir-192
(DEFEKTOSKOPOM) PRI INSTITUTU "INKOS"
U OBILICU

Sh.FAZLIU H.MORINA i F.REQICA

SOUR ELEKTROPRIIVREDA KOSOVA - PRISTINA
-RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

Kratak sadržaj

Dana 23 maja 1988 godine prilikom snimanja defektoskopskom, tipa Gamma Mat TI/F zapadnonemačke proizvodnje sa izvorim Ir-192 zbog kvara mehanizma za izulaćenje izvora iz kontejnera i vraćanje u njemu, došlo je do akcidenta koji je izazvao strah kod radnika ne samo Instituta "INKOS" već i susednih radnih organizacija. Na vreme je pomoću službe odbrane i zaštita SOUR "Elektroprivreda Koksovo" izvršeno zabrana saobraćaja i pristup ovom Institutu, kao i evakuisanje radnika iz ovog objekta. Preduzete su i sve mere predviđene zakonom. Onda se pristupilo izolovanju samog izvora zračenja odnosno saniranju nastalog stanja izgradnjom improviziranog bunkera. Sutradan došli su stručnjaci IBK Vinča, koji su iz zaklona (olovni zid) vratili izvor u defektoskopu i poneli ga sa sobom do Instituta Vinča da bi otklonili kvar.

Rad sa defektoskopom, nastajanje akcidenta
i saniranje podaci o izvoru

- Izvor zračenje koji se koristi u defektoskopu je Ir-192, čija je početna aktivnost bila $A_0 = 1,9 \times 10^8$ GBq (15 februara 1988 godine) a aktivnost na dan akcidenta iznosila je $A = 7,77 \times 10^2$ GBq (23 maja 1988 godine).

- Izvor je korišćen za radiografska snimanja, a kontejner defektoskopa je tipa GAMMAT TI/F FDR.

Operatori su izneli defektoskop sa radioaktivnim izvorom iz prostorije gde se čuva, u dvorište (parking) Instituta na Naučna Istraživanja i Razvoj "INKOS" na nekoliko metara od samog objekta radi snimanja nekih metalnih pločica.

Kada su hteli da vrate izvor u kontejner nisu uspeli jer je on ispao iz ležišta. Tako je izvor ostao van kontejnera zračeći na sve strane oko njega. Operatori su odmah prijavili slučaj (u 12.15 časova) kod direktora, a on je odmah obavestio:

- Službu za zaštitu od zračenja pri dispanzeru medicine rada u Obiliću.

- Pokrajinski komitet za zdravstvo i sanitarni inspektorat.

- Odgovarajuće organe SUP-a

- Institut "Boris Kidrič" u Vinči.

Prvi su na mestu akcidenta stigli iz službe za zaštitu od zračenja, koji su odmah preduzeli odgovarajuće mere zaštite ljudi od zračenja.

Ozračene zone su ogradjene pomoću tablica sa natpisom "OPASNO ZRACENJE". Izvrpena je evakuacija ljudstva iz objekta ovog Instituta, a preko organa SUP-a i sprečavanje kretanja vozila prema objektu i pored kruga objekta. Sve ove mere su završene u 12.35 časova.

Na početku je izvor zračenja izolovan pomoću betonskih elemenata koji su se našli u blizini. Međutim, merenje doza zračenja je pokazalo da je izolovanje radioaktivnog izvora nedovoljno za zaštitu radnika Instituta i prolaznika. Zato se odmah pristupilo dodatnom izolovanju, tako da smo pomoću olovnih cigli napravili improvizovani bunker jer se nije moglo odrediti tačan položaj izvora u cevi. Time smo omogućili bezbeden rad Instituta, jer su sada doze kod objekta bile male i u okviru normi. Na tabeli 1 dati su rezultati merenja doza zračenja posle izolovanja izvora i to na najkarakterističnim mestima oko izvora.

TABELA 1. REZULTATI IZMERENIH DOZA GAMMA ZRACENJA
NAKON PRVOG I DODATNOG IZOLOVANJA IZVORA

a) Doze posle prvog izolovanja izvora

Br. MERA MESTA	DOZE
1. Duže glavne staze u pravcu ulaznih vrata Instituta (zavisno od rastojanja od izvora)	7.2 - 21.5 nA/kg
2. Kod Kapije (m od izvora) - asfaltni put	5.2 pA/kg
3. Kod Kapije dispanzera medicine rada	2.3.pA/kg

b) Doze izmerene nakon druge (dodatne) izolacije

Br. MERA MESTA	DOZE
1. Na rastojanju od 3 m od izvora u pravcu objekta Instituta (severno)	111 nGy/s
2. a) Na 2-3 m od izvora) prema zap. strani b) U jednom odredjenom uglju	16.7 - 50 nGy/s 194.6 nGy/s
3. Na 3 m od izvora u pravcu dispanzera (istočna strana)	16.7 - 44.5 nGy/s
4. Na 2-3 m prema južnoj strani	11.0 - 16.7 nGy/s

Merenja pod I-a izvršena su monitorom tipa "SGM-29", a pod I-b sa monitorom "BABYLINE-31" FRANCE.

Treba napomenuti da je tom prilikom bilo i raznih dezinformacija, da je navodno došlo do kontaminacije zamljišta i vazduha i da će se proširili do grada Prištine pa i dalje, upoređujući to sa akcidentom u Cernobilu. Razlog tome je što su neovlašćena i neobaveštena lica dala izjave. Prava informacija o akcidentu data je preko sektora za informisanje SOUR "Elektroprivreda Kosova" izdavajuću prvu vanredno informaciju za radnike SOUR "Elektroprivreda Kosova", a preko drugih sredstava informisanja za širu javnost.

Sutradan (24.05.1988) ujutro kada je Institut "INKOS" počeo sa radom stiglu su stručni saradnici iz IBK Vinča, koji su nakon dizanja improvizovanog olovnih cigli i postavljanja

zaštitnog ekrana od olovnog stakla, pomoću manipulatora i operatora Instituta za kratko vreme su vratili izvor u svoje ležište kontejnera, te poneli su ga sa sobom na opravku mehanizma za izvlačenje i vraćanje izvora u kontejner. Na taj način definitivno sanirano stanje povodom kcidenta sa defektoskopom.

Ozračivanje ljudstva pri saniranju akcidenta

Lica koja su za vreme saniranja stanja bila izložena u izvesnoj meri dejstvu radioaktivnog gama zračenju i primili odredjenje doze su:

- Operatori (rukovaoci defektoskopa) koji su izvesno vreme radili sa defektoskopom nakon nastalog kvara pokušavajući da vrate izvor u kontejner, te učestvovali su u saniranju akcidenta;

- Dozimetristi iz službe za zaštitu od zračenja, koji su očestvovali u saniranju akcidenta.

Na tabeli 2 date su lične doze, koje su obuhvaćene i primljene od 01 do 23 maja 1988 godine kada je nastao akcident.

TABELA 2. PREGLED LICNIH PRIMLJENIH DOZA

Br. Osoblje koje je učestvo. u saniranju akcidenta	Stručna sprema	Boravak oko izvora	Primlj. doza	Napomena
1. Operator	VKV radnika sa kursom	oko 2+4+5+10 minuta	7.468 mSv	Primlj.doza utvr.stilo dozim.i TLD
2. Operator		oko 20 min.	0.713 mSv	Radi.je svo vreme sa operat.ali nije redov. nosio lični dozim.Doza dakle treba da bude skoro ista iako je očitano samo 0.713 mSv

3. Dozimetar 1	SSS-tehn. fizike sa kursom	oko 4+10 minuta	oko 6.00 mSv	Stilo doz. Stilo doz. i TLD
4. Dozimetar 2	VV fizičar sa kursom	oko 5 min.	0.787 mSv	Stilo doz. i TD
5. Dozimetar 3	VSS fizičar	oko 4-5 min.	0.700 mSv	Stilo doz.

Gore naznačeno vreme boravka u ozračenoj zoni oko izvora za svako lice nije strogo mereno a rastojanje od izvora nije bilo isto za svo vreme trajanja preduzimanja odgovarajućih mera oko izolovanja radioaktivnog izvora i uopšte saniranja nastalog stanja nakon akcidenta.

Zaključak

Na osnovu gore izloženog možemo zaključiti da su povodom akcidenta sa defektoskopom preduzeta sve mere koje su predviđene Zakonom o zaštiti od jonizujućih zračenja. Međutim, rad sa defektoskopom ni u kom slučaju nije se smelo obaviti u dvorište, odnosno u parkingu gde se snimalo, već samo u posebnoj prostoriji koja je predviđena za rad sa defektoskopom. Institut "INKOS" ima dozvolu za rad sa defektoskopom za radiografska snimanja na raznim objektima ali uz obezbeđivanje zaštite ljudi.

Iako je izvesno prekoračenje lične primljene doze kod tri osobe koje su učestvovala u saniranju akcidenta, ona nije velika koliko je mogla biti zbog velike aktivnosti izvora.

Nije bilo ozračivanja zbog toga što su operatori bili obučeni i vrlo brzo reagovali nakon akcidenta.

XV YUGOSLAV SYMPOSIUM ON PROTECTION FROM RADIATION PRISHTINA, 06 - 09. VI 1989

AN ACCIDENT WITH A RADIOACTIVE SOURCE Ir-192 (DEFECTOSCOPY) AT THE INSTITUTE "INKOS"-OBILIC

Sh. Fazliu, H. Morina i F. REQICA

SOUR ELEKTROPRIVREDA KOSOVA - PRISTINA
- RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA

Abstract

In this paper is described an accident case of the defectoscopy device which belongs to the Institute "INKOS" from Obilic and which happened on May 23, 1988 in the courtyard of the Institute, where the operators had taken the radiography device to carry out some measurements. After a failure of the mechanism which allows the source to slide back into the container, the radioactive (Ir-192) remained outside and started to radiate in all directions.

The activity of the source in the accident day was very high ($A_t = 7,77 \times 10^2$ GBq) but all legally prescribed measures were undertaken in order to isolate the source and protect the people from the radiation.

Only two operators and one Dosemeter received higher radiation doses (higher than monthly ones). The highest received dose was 7.468 mSv.

Literatura:

1. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja i pravilnici koji prističu iz ovog zakona ("Službeni list SFRJ" br. 62/84 i 48/86).

8. Sekcija
NEJONIZUJUĆA ZRAČENJA

MJERENJE INTENZITETA VISOKOFREKVENTNOG ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA
(100 kHz - 30 GHz)

Pišl, N.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu,
M. Pijade 158, 41000 Zagreb

1. KARAKTERISTIKE ELEKTROMAGNETSKOG POLJA

Elektromagnetsko (EM) polje je u svakoj točki prostora određeno vektorima električnog polja \vec{E} , magnetskog polja \vec{H} , i Poyntingovim vektorom \vec{P}_d , koji predstavlja intenzitet EM zračenja $|I|$,

$$\vec{P}_d = \vec{E} \times \vec{H}, \quad \text{W/m}^2 \quad (1)$$

Ravnine u kojima leže vektori \vec{E} i \vec{H} su ravnine polarizacije EM vala. U uvjetima širenja ravnog vala (daleka zona izvora zračenja) intenzitet zračenja se može izmjeriti mjerenjem samo jedne komponente EM polja, s obzirom da su one međusobno okomite i u slobodnom prostoru vezane relacijama

$$|\vec{E}|/|\vec{H}| = 377 \, \Omega \quad (2)$$

$$|\vec{P}_d| = |\vec{E}|^2/377 = |\vec{H}|^2 \cdot 377, \quad \text{W/m}^2 \quad (3)$$

U području gdje komponente polja nisu međusobno okomite i ne vrijede relacije (2) i (3) (bliska zona izvora zračenja, refleksije) instrument koji mjeri samo jednu komponentu EM polja a baždaren je u jedinicama intenziteta (W/m^2) prema relaciji (3) neće pokazivati stvarni intenzitet. U praksi se najčešće mjeri električno polje, a instrument baždari u jedinicama intenziteta. Na taj način izmjereni intenzitet u bliskoj zoni ili u području gdje postoje refleksije EM vala treba interpretirati kao "ekvivalentni intenzitet u dalekoj zoni". Ako se mjerenja vrše radi procjene biomedicinskih učinaka i zdravstvenog rizika izlaganja EM zračenju to nije velika pogreška, jer praktički svi poznati biološki učinci su posljedica djelovanja električnog a ne magnetskog polja. Granica daleke i bliske zone je dana relacijom

$$R = 2D^2/\lambda, \text{ m} \quad (4)$$

gdje je R udaljenost od izvora zračenja, D je najveća poprečna dimenzija izvora, a λ je valna duljina.

2. KARAKTERISTIKE INSTRUMENATA

Senzorski element je najčešće sastavljen od minijaturene dipol-antene na koju je priključen detektor. Za detekciju malih signala je radi širokopojasnosti, kvadratične karakteristike i dobre osjetljivosti pogodna "Schottky" dioda [2]. Termistor i termopar su pogodni za detekciju impulsno moduliranih polja jačih intenziteta [3].

Za detekciju polja nepoznate polarizacije se može koristiti instrument sa senzorom sastavljenim od tri međusobno okomita dipola. Ako se koristi neki od navedenih tipova detektora, suma detektiranih napona će biti proporcionalna kvadratu jakosti električnog polja, odnosno intenzitetu u točki mjerenja, neovisno o položaju senzora u odnosu na ravninu polarizacije EM vala. Na taj način napravljeni senzor se može baždariti u jedinicama intenziteta.

Radi širokog spektra frekvencija EM polja u okolišu, potrebno je da instrumenti budu širokopojasni s lineranom frekvencijskom karakteristikom u cijelom spektru frekvencija koje mjere.

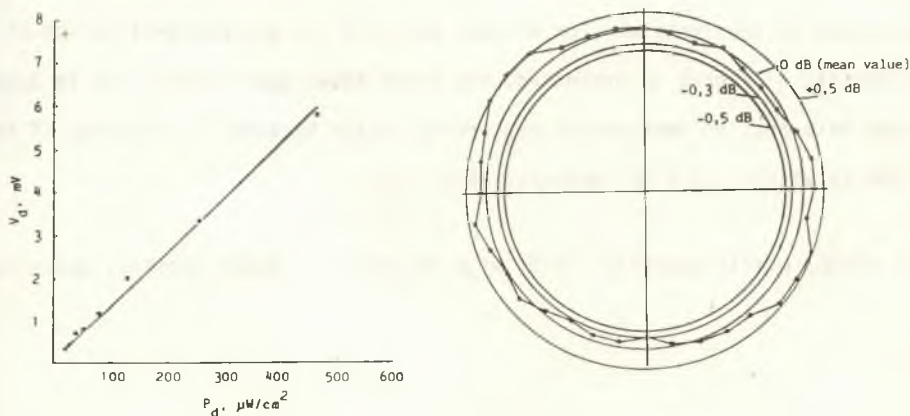
Na tržištu su uglavnom zastupljeni instrumenti proizvođača Holaday Industries, The Narda Microwave Corporation i General Microwave Corporation [4,5,6]. Instrumenti navedenih proizvođača pokrivaju pojas frekvencija od 200 kHz do 40 GHz. Većina instrumenata pokazuje neovisno o položaju sonde u odnosu na ravninu polarizacije EM vala, a moguć je izbor između širokopojasnih instrumenata i instrumenata za usko frekvencijsko područje (frekvencije za industrijsku, znanstvenu i medicinsku primjenu - 915 i 2450 MHz). Instrumenti uglavnom pokazuju intenzitet EM polja. Na nižim frekvencijama (do 300 MHz) nekim modelima se može mjeriti posebno jakost električnog ili magnetskog polja. Svi pokrivaju područje intenziteta od nekoliko $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ do otprilike 20-100 mW/cm^2 , koje je in-

terasantno s obzirom na izlaganje ljudi i zaštitne standarde, a mogu se nabaviti i sonde za jača polja.

3. VLASTITI REZULTATI

Projektirana je i izradjena sonda za mjerenje intenziteta visokofrekventnog EM zračenja. Senzorski dio sonde je minijaturnih dimenzija (~ 1 cm u promjeru) što zajedno s posebnom konstrukcijom izvoda omogućava da sonda svojim prisustvom ne remeti raspodjelu polja koje mjeri. Korišten je sustav tri međusobno okomita dipola, čime je postignuto da pogreška pokazivanja s obzirom na različite položaje sonde u odnosu na ravninu polarizacije EM vala bude u granicama $\pm 0,5$ dB. Izmjerene karakteristike sonde su prikazane grafikonom. Mjereno je na 2,1 GHz. Sonda je projektirana da bude širokopoljasna, ali s obzirom da u zemlji nije moguće širokopoljasno baždariti sondu, za sada nije izmjerena njena frekvencijska karakteristika. Osjetljivost sonde je takva da se njome može mjeriti u području intenziteta od interesa za proučavanje biomedicinskih učinaka i zdravstvenih rizika izlaganja visokofrekventnom EM polju.

GRAFIKON. Karakteristike napravljene sonde, na 2,1 GHz



LITERATURA

1. D. Roddy: Microwave Technology, Prentice-Hall, 1986.
 2. B. Siegal, E. Pendleton: Zero-Bias Schottky Diodes as Microwave Detectors, Microwave Journal, rujan 1975, str. 40-43.
 3. H.I. Bassen, G.S. Smith: Electric Field Probes - A Review, IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. AP-31, rujan 1983, str. 710-718.
 4. General Microwave Corporation: RAHAM Model 4A and 4. Operating and Service Manual, 1982.
 5. The Narda Microwave Corporation: Broadband Radiation Monitoring Systems, katalog.
 6. Holaday Industries, Inc.: Broadband Instrumentation, katalog.
- XV Yugoslav Symposium for Radiation Protection, Priština, 6-9 June, 1989.
- Pišl, N.: A Power-Density Measurement of High-Frequency Electromagnetic Radiation
(100 kHz - 40 GHz)

ABSTRACT

This paper deals with characteristics of high-frequency electromagnetic field and instruments for power-density or field strength measurements. A brief survey of the characteristics of commercial available instruments and of a probe developed at the Institute for Medical Research and Occupational Health of University of Zagreb is presented. The probe shows good sensitivity in dynamic range relevant for measurement concerning health hazards. An isotropy of the probe is within ± 0.5 dB, measured at 2.1 GHz.

KEY WORDS: electromagnetic field, high frequencies, power density, measurement.

**OVI RADOVI SU STIGLI
SA VELIKIM ZAKAŠNENJEM
PA NISU SE MOGLI UVRSTITI
U ODGOVARAJUĆE SEKCIJE**

LOG-NORMALNA RASPODELA KONCENTRACIJE Rn-222, Ra-226,
URANA I UKUPNE BETA AKTIVNOSTI
U PODZEMNIM I POVRŠINSKIM VODAMA U SLOVENIJI

D. Mitić, J. Vaupotič, J. Burger, I. Kobal

*Institut Jožef Stefan, Univerza E. Kardelja v Ljubljani
p.p. 100, Jamova 39, 61111 Ljubljana*

Analizirana je koncentracija Rn-222, Ra-226, urana i ukupna beta aktivnost u uzorcima podzemnih i površinskih voda u Sloveniji. Za merenje koncentracije radona i radija smo koristili alfa scintilacione ćelije, za uran fluorimetriju odnosno neutronske aktivacije, a za beta aktivnost Geiger Müllerov brojač. Statističkom obradom podataka, koristeći log-normalnu raspodelu, smo potražili odgovor na pitanje da li izmerena aktivnost ima jedan ili više izvora.

Log-normalna raspodela

Raspodela definisana gustinom raspodele:

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

tako da je $t > 0$, $-\infty < \mu < \infty$, $\sigma > 0$ je log-normalna¹⁾. To je, dakle, takva raspodela da za slučaj funkcije Z slučajne promenljive T

$$z = \frac{(\ln t - \mu)}{\sigma},$$

je slučajna promenljiva Z raspodeljena normalno gustinom raspodele:

$$\Phi = \exp(-z^2/2) / \sqrt{2\pi}.$$

Podsetimo se ovde da je sama funkcija raspodele definisana kao

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx.$$

Matematičko očekivanje je u opštem slučaju definisano kao

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

a u slučaju log-normalne raspodele je jednako:

$$E(T) = e^{\mu + 1/2\sigma^2}$$

Disperzija, koja nam predstavlja raspršenost oko srednje vrednosti, je

$$D(X) = E([X - E(X)]^2).$$

Ako imate log-normalnu raspodelu, disperzija je dana kao:

$$D(T) = E(T)^2 (e^{\sigma^2} - 1).$$

Za slučaj kada je disperzija prevelika ima smisla definisati i određene kvantile, koji predstavljaju rešenja jednačine

$$P(X < x_p) = p$$

i imaju veliku intuitivnu vrednost jer određuju procenle verovatnoće da je vrednost slučajne promenljive u određenom intervalu. Mediana je u našem slučaju

$$t_{50} = e^{\mu},$$

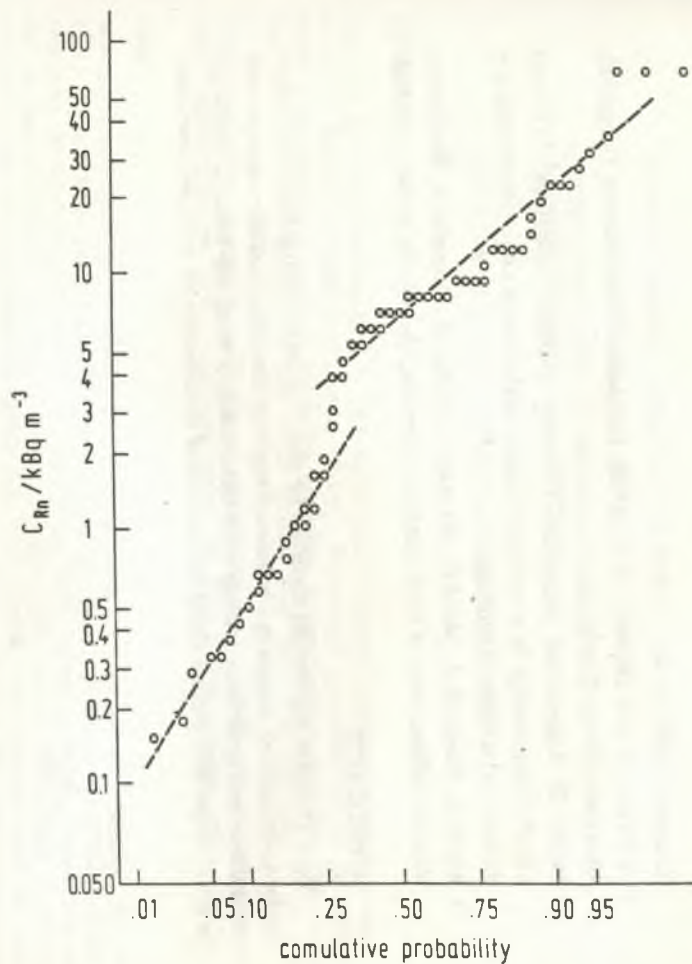
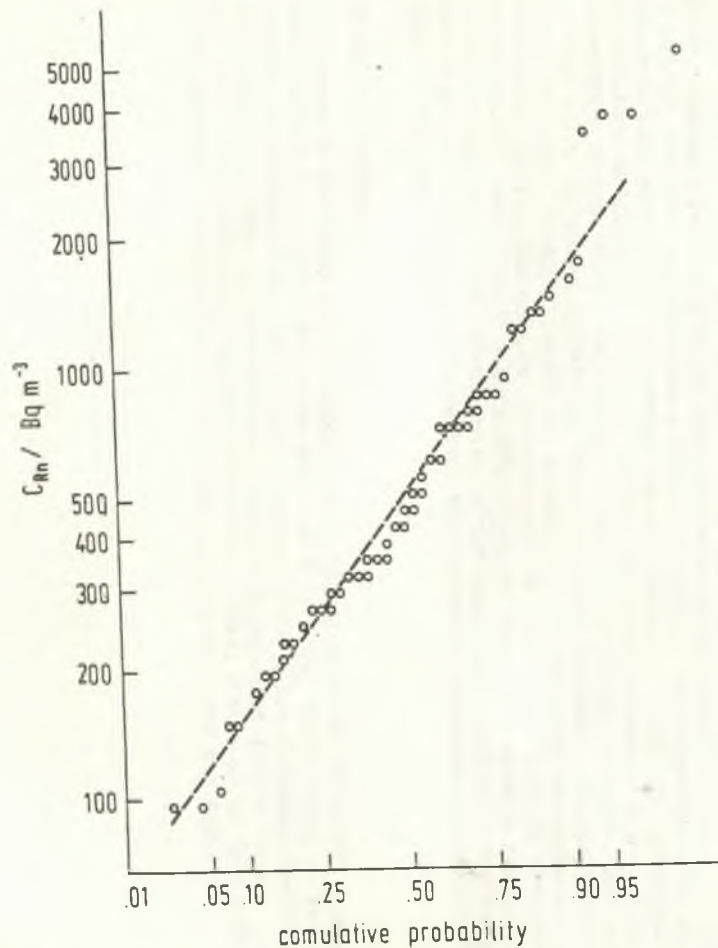
a kvantili reda .05 in .95 su

$$t_{05} = \exp(\mu - 1.645\sigma)$$

$$t_{95} = \exp(\mu + 1.645\sigma)$$

Obrada podataka na računaru

Radi lakšeg interpretiranja dobijenih rezultata predstavimo funkciju raspodele kumulativno, znači relativne frekvencije za sve promenljive manje od tačno određene vrednosti. Ako to crtamo u "probability" skali dobijemo kumulativni oblik raspodele kao ravnu liniju²). Pri analizi podataka iz uzoraka površinskih voda se vidi da je koncentracija radona raspodeljena po log-normalnom zakonu (Slika 1.). To je razumljivo jer je radon plin, koji po izlasku vode na površinu odlazi u vazduh. Kod raspodele radijuma se mogu videti dve raspodele što je razumljivo jer je opravdano očekivati različitu situaciju u blizini rudnika urana Žirovski vrh ili u okolini Hrastnika, gde se proizvode fosfati. Analiza uzoraka podzemnih voda daje drugačiju sliku sa dve log-normalne raspodele što se može objasniti činjenicom da vode prirodnih lečilišta u Sloveniji sadrže i radijum i radon (a time i beta zračenje od radonovih potomaka) a izvori mineralnih voda nisu ravnomerno raspoređeni po celoj teritoriji Slovenije³) (Slika 2.).



Slika 1. Koncentracija radona u površinskim vodama u Sloveniji Slika 2. Koncentracija radona u podzemnim vodama u Sloveniji

Literatura

- 1) Aitchison, J. and Brown, J.A.C. (1976) Log-normal Distribution, Cambridge University Press, Cambridge.
- 2) Mitić, D. Log-normal statistična obdelava ekoloških podatkov, "Okrogla miza": Interpretacija in medlaboratorijsko usklajevanje eksperimentalnih podatkov, 14. 4. 1989, Ljubljana.
- 3) Kopal I., Vaupotič J., Mitić D., Kristan J., Ančik M., Jerančič S., Škofljanec, Natural radioactivity of fresh waters in Slovenia, Yugoslavia, to be published.

ABSTRACT

Application of log-normal statistics for distribution of natural radionuclides in surface and ground waters in Slovenia. Results of Rn-222, Ra-226, uranium concentrations and gross beta activity were elaborated by using log-normal statistics in order to get information about the number of distribution for each radionuclides.

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

PRIŠTINA, 06.-09.VI 1989. GODINE

Mirjana Cvetković, A. Milovanović i D. Tanasijević
Vojnotehnički institut, Beograd

ISPITIVANJE EFEKATA HIPNOTIKA U OZRAČENIH PACOVA

SAŽETAK

Ispitan je efekt Nezdona^(R) i fenobarbitona u pacova ozračenih subletalnom (6 Gy) i letalnom dozom X-zračenja (9 Gy). Rezultati su pokazali da je njihov efekt u ozračenih životinja značajno produžen u manifestnom periodu ARB, s tom razlikom što su promene kod Nezdona znatno više izražene (produženje za 2,5 do 5 puta u odnosu na fenobarbiton gde je vreme spavanja produženo za 30%). Produženo vreme spavanja značajno su antagonizovali, indukcija mikrozomnih enzima fenobarbitonom, kao i radioprotektor WR-2721 primenjen pre zračenja.

UVOD

Narkotici predstavljaju grupu lekova za koju postoje možda najbrojniji literaturni podaci kada je u pitanju interakcija lekova i zračenja. Praktično nema sredstva za koje nije ispitana akutna toksičnost, vreme preživljavanja ili uticaj na tok akutne radijacione bolesti (Wilson 1955; Winne 1962; Nair i sar. 1965). Medjutim, ispitivanje efekata narkotika u ozračenom organizmu ne gubi od svoje aktuelnosti jer su ispitivanja mehanizma nastalih promena još uvek nedovoljna. Naša ispitivanja sa serotoninom i njegovim antagonistima kao i rezultati Varagića i sar. (1962) i Naira (1967) sa serotoninom, su pokazali da je i ovaj neurotransmiter uključen u produženo hipnotičko delovanje barbiturata. Medjutim, u literaturi postoji sve veći broj podataka o oštećenju metaboličke razgradnje leka kao uzroka pojačanog narkotičkog delovanja. Yukawa i Nakazawa (1973) su supresijom heksobarbitalne oksidacije utvrdili da zračenje prouzrokuje dozno zavisnu inhibiciju mikrozomnih enzima jetre. Ovaj sistem je veoma osetljiv na zračenje i već kod doze od 4 Gy dolazi do znatne inhibicije heksobarbitalne oksidaze u pacova (Nair i Bau 1967). Uzimajući u obzir literaturne podatke koji se odnose na smanjenu aktivnost detoksicirajućih enzima može se pretpostaviti da lekovi koji podležu oksidativnoj demetilaciji i dealkilaciji u ozračenom organizmu mogu biti sporije razgradjeni. Iz tih razloga cilj naših istraživanja je bio ispitivanje promena narkotičkog delovanja Nezdona u ozračenih pacova, kao posledica oštećenja metaboličke razgradnje ovog leka u jetri.

MATERIJAL I METODE

U oglecima su korišćeni pacovi muškog pola, telesne mase od 200 do 250 grama. Sve životinje su ozračene X-zracima dozom od 6 do 9 Gy. Eksperimenti su radjeni u grupi od najmanje 8 do 10 životinja. Procena hipnotičkog delovanja Nezdona (tiopental-natrijuma) i fenobarbitona izvedena je merenjem dužine vremena spavanja (min ± S.E.) kako je to opisano kod Lim-a (1964). Snatra se da je životinja budna kada počne da napušta položaj u kome je bila za vreme spavanja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati pokazuju da je dejstvo oba anestetika promenjeno jonizujućim zračenjem. Na Tabeli 1 prikazan je efekt jedne letalne (9 Gy) i jedne subletalne doze zračenja (6 Gy) na dužinu vremena spavanja prouzrokovanu Nezdonalom. Počevši od 3-eg dana pa nadalje vreme spavanja značajno je produženo i to kako kod veće tako i kod manje doze zračenja. Vreme spavanja je produženo za oko 2.5 do 5 puta što je visoko signifikantno ($p < 0.001$).

TABELA 1

EFEKT X-ZRAČENJA NA ANESTETIČKO DELOVANJE NEZDONALA^(R)

KONTROLE	Vreme posle ozračenja	Životinje ozračene sa 6 Gy	Životinje ozračene sa 9 Gy
15.1 ± 1.6 (20)	24 ^h	16.2 ± 1.8 (11)	17.4 ± 1.2 (10)
14.8 ± 0.9 (10)	3 d	35.4 ± 1.5* (11)	64.7 ± 5.3* (12)
11.2 ± 0.7 (10)	7 d	38.2 ± 2.6* (10)	50.4 ± 4.1* (11)
15.5 ± 1.2 (10)	13 d	55.2 ± 9.6* (10)	87.1 ± 5.2* (9)

Vreme spavanja (min[±]S.E.) predstavlja vreme od momenta injiciranja Nezdonala^(R) (20 mg/kg i.v.) do uspostavljanja refleksa uspravljanja.

* $p < 0.05$; značajna razlika u odnosu na kontrolu.

U cilju ispitivanja mehanizma produženog hipnotičkog delovanja Nezdonala^(R), kao prvo ispitan je uticaj X-zračenja na anesteziju prouzrokovanu fenobarbitonom, barbituratom koji se praktično ne razlaže u jetri, da bi se isključio faktor metaboličke razgradnje leka koji u uslovima ozračenja menja farmakološki odgovor na barbiturate. U skladu s ovim dobijene su znatno manje promene u odnosu na narkotičko delovanje Nezdonala (Tabela 2).

TABELA 2.

EFEKT X-ZRAČENJA NA ANESTETIČKO DELOVANJE FENOBARBITONA

KONTROLE	Vreme posle ozračenja	Životinje ozračene sa 6 Gy	Životinje ozračene sa 9 Gy
1		2	3
78.4 ± 5.1 (10)	24 ^h	70.6 ± 4.2 (12)	64.2 ± 2.4 (14)
83.2 ± 3.9 (10)	3 d	86.8 ± 7.6 (12)	71.7 ± 3.7 (14)
97.6 ± 7.1 (8)	5 d	132.6 ± 8.2* (10)	136.4 ± 9.2* (10)
95.5 ± 7.4 (8)	13 d	133.4 ± 3.6* (9)	125.6 ± 6.8* (9)

Fenobarbiton je dat sporom injekcijom u dozi od 30 mg/kg i.v.

* $p < 0.05$; značajna razlika u odnosu na kontrolu.

Neposredno posle zračenja trajanje narkoze je čak i skraćeno za oko 16% (N.S.) u odnosu na kontrolu.

Da je oštećenje enzima koji učestvuju u razgradnji leka uzrok produženog hipnotičkog delovanja Nezdonala potvrdili su i eksperimenti sa indukcijom mikrozočnih enzima (Tabela 3). Prethodna primena fenobarbitona 3 i 48 sati posle

TABELA 3.

UTICAJ FENOBARBITONA NA ANESTETIČKO DELOVANJE NEZDONALA^(R)
KOD PACOVA OZRAČENIH SA 6 Gy

KONTROLE	Vreme posle ozračenja	Ozračene životinje	Zračene životinje tretirane fenobarbitonom 3 ^h posle zračenja	Zračene životinje tretirane fenobarbitonom 48 ^h posle zračenja
10.3 ± 0.9 (10)	24 ^h	18.5 ± 1.2 (9)	23.2 ± 5.4 (12)	-
9.8 ± 0.7 (10)	3 d	27.1 ± 3.6 (10)	12.4 ± 1.6 [*] (12)	-
11.8 ± 0.6 (10)	5 d	36.2 ± 3.1 (10)	21.2 ± 2.6 (11)	14.8 ± 1.2 [*] (8)
10.1 ± 0.7 (10)	7 d	38.3 ± 2.9 (10)	42.0 ± 3.6 (9)	41.8 ± 1.9 (9)

Fenobarbiton je injiciran i.p. u dozi od 80 mg/kg, 3 i 48 sati posle zračenja.

* p < 0.005; značajna razlika u odnosu na ozračene životinje.

zračenja, u oba slučaja signifikantno je skraćivala vreme spavanja prouzrokovano Nezdonalom. Ovaj efekt najizrazitiji je 48 sati posle primene fenobarbitona. U daljem toku (7-og dana) njegova efikasnost kao induktora mikrozočnih enzima potpuno iščezava.

Gamafos (WR-2721) jedan od najnovijih radioprotektora iz grupe aminotiofosfata primenjen pre zračenja u potpunosti je normalizovao produženo vreme spavanja u ozračenih pacova prouzrokovanih Nezdonalom. Medjutim, primenjen posle zračenja značajno je produžavao vreme spavanja i to kako kod kontrolnih tako i kod ozračenih životinja (p < 0.005) (Tabela 4).

TABELA 4.

UTICAJ WR-2721 PRIMENJENOG PRE I POSLE ZRAČENJA NA ANESTETIČKO DELOVANJE NEZDONALA^(R) U OZRAČENIH PACOVA (9 Gy)

KONTROLE	Vreme posle zračenja	Ozračene životinje	WR-2721	WR-2721+ zračenje	Zračenje+ WR-2721
12.4 ± 1.2 (8)	3 d	43.1 ± 3.8 [*] (10)		16.3 ± 2.6 ^{**} (10)	-
14.8 ± 2.4 (8)	7 d	64.7 ± 5.3 ^{**} (12)	54.7 ± 3.7	25.4 ± 2.1 ^{**} (10)	134.2 ± 11.0 ^{**}
15.1 ± 1.4 (9)	13 d	78.5 ± 6.0 [*] (8)		36.8 ± 4.1 ^{**} (10)	-

* p < 0.05; u odnosu na kontrolu; ** p < 0.05; u odnosu na zračene životinje

Produženo hipnotičko delovanje barbiturata slično kao i u našim eksperimentima sa Nezdonom (Tabela 1) pokazano je u više radova (Winne 1962; Varagić i sar. 1962; Nair i sar. 1965). Većina ovih autora smatra da jedan od glavnih uzroka pojačanog delovanja barbiturata je posledica oštećenja detoksikacionih procesa razgradnje ovih lekova u jetri. Ovom u prilog idu naši eksperimenti sa fenobarbitonom, barbituratom koji se ne razgrađuje u jetri, izlučuje nepromenjen i zato u ozračenom organizmu deluje kraće (Tabela 2). Isto tako mogućnost skraćivanja vremena spavanja indukcijom mikrozoma enzima jetre, koja ubrzava razgradnju leka, potvrđuje da je oštećenje jetre zračenjem faktor produženja hipnotičkog delovanja Nezdona (Tabela 3). Slične rezultate dobio je i Nair i sar. (1965) sa pentobarbitalnom anestezijom. Veoma dobro antagonističko delovanje WR-2721 primenjenog 30 min. pre zračenja (Tabela 4), verovatno je posledica veoma dobrog opšteg radioprotektivnog delovanja, posebno na nivou jetre. Naime Yuhas i sar. (1980) su pokazali da WR-2721 ima izrazit afinitet za tkivo jetre gde se u maksimalnoj koncentraciji nalazi već posle 15 minuta i na tako visokom nivou održane efekte WR-2721, jeste da primenjen posle zračenja značajno potencira hipnotičko delovanje Nezdona i u kontrolnih i u ozračenih pacova (p 0.05). Ovaj efekt bi mogao biti posledica direktnog farmakološkog delovanja hipotenzije i hipotermije, koji usporavaju metaboličke procese u organizmu usporavaju i razgradnju narkotika (Yuhas i sar. 1973; Pittoch i sar. 1982).

THE INFLUENCE OF GAMMA IRRADIATION ON THE HYPNOTIC EFFECT OF SELECTED BARBITURATES IN RATS

The hypnotic effect of thiopenthal-sodium (Nesdonal) and phenobarbitone was studied in rats irradiated by sublethal (6 Gy) and lethal (9 Gy) doses of gamma rays. The prolongation of the effective sleeping time was noticed in treated animals during the acute phase of irradiation disease of which depended on the barbiturate used (Nesdonal was 2.5 to 5 times more potent in that respect). Pretreatment of rats by radioprotector WR-2721 or phenobarbitone significantly reduced the hypnotic effect of both tested drugs.

LITERATURA

- Lim R. (1964). Year Book Medical Publishers. Inc. Chicago 291-298.
 Nair V., Finer S., Shah D. (1965) Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 78, 246-252.
 Nair V., Bau D. (1967) Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 126, 853-862.
 Nair V. (1967). Radiat. Res. 30, 359-362.
 Pittoch J., Darrell B., Graham V. (1982). Radiat. Res. 91, 394-397.
 Varagić V., Stepanović S., Hajduković S. (1962). Bull. Inst. No. Sc. "Boris Kidrič" Beograd, 2, 113-120.
 Wilson E. (1955). Anesthesiol. 16, 503-510.
 Winne D. (1962). Arch. Pharm. Exp. Path. 243, 212-230.
 Yuhas J., Proctor J., Smith L. (1973). Radiat. Res. 54, 222-233.
 Yukawa O., Nakazawa T. (1973). Radiat Res., 56, 140-149.

PROSTORNA RASPODJELA DOZE ZRAČENJA I VRIJEDNOSTI
KOJE PRIMI OSOBLJE KOD LOKOMOTORNE DIJAGNOSTIKE

Banduka M.

KATEDRA ZA MEDICINSKU FIZIKU MEDICINSKOG FAKULTETA
Moše Pijade 6, 71000 SARAJEVO

U V O D - Kod ove dijagnostike se vrši kontrastni prikaz krvnih sudova gornjih i donjih ekstremiteta. Generator rendgenskih zraka je aparat Philips sa priključenom računarskom jedinicom "digital vascular imaging".

Detektovana radijacija u radnom prostoru oko pacijenta je posljedica rasijanja zračenja na pacijentu, blendi aparata i ostalim strukturama na koje nailazi primarni snop zračenja.

Mehanizam rasijanja fotonskog zračenja, u poredjenju sa slikom rasijanja naelektrisanih čestica, ima drugi karakter. Teorijska slika ovih procesa ima dobro slaganje sa eksperimentom u području niskih energija u klasičnom (Thomson) i kvantnomehaničkom pristupu (koji su razvili Klein i Nishina koristeći Diracovu relativističku teoriju elektrona). I kod kvalitativnih odredjivanja komponente rasijanja u primarnom snopu koji prolazi kroz sredinu razvile su se mnoge teorije i ponudjeni empirijski obrasci koji nemaju dobra slaganja sa eksperimentom. Približavanja realnoj slici treba očekivati uvođenjem faktora geometrije u ove pristupe.

MATERIJAL I METODE - Dozimetrija prostora je izvedena sistemom Ionex 2500/3, proizvodnje Nuclear Enterprises sa komorom od 600 cm^3 tipa 2511/3. Dozimetar je prije mjerenja prošao uobičajenu kalibracionu proceduru. Iz krive za energetska ovisnost uzet je faktor komore 1.666 za područje 70-95 kV. Ova komora je upravo namjenjena za mjernje malih odza u vazduhu. Uz ovaj dozimetar je korišten i monitor zračenja Vacutronik VA-J-15A čiji je vremenski odgovor manji od 20 sekundi za područje $2 \times 10^{-4} \text{ A-kg}$. Za mjerenje doze koju primi osoblje-dozimetrija in vivo-za vrijeme radioskopije korišteni su TL dozimetri, visoke osjetljivosti na bazi magnezijum botara ($\text{Mg B}_4\text{O}_7$) sa čitačem Toledo 654.

Za izradu dozimetrijske slike prostora korišten je i vodeni fantom koji je simulirao pacijenta na kome se vrši rasijanje zračenja. Fantom je izradjen od materijala jedinične gustoće i dimenzija $400 \times 300 \times 250 \text{ mm}$.

Uticaj nekih fluoroskopskih kondicija na dozu zračenja u radnom prostoru dat je u radu (2). Ovaj rad predstavlja nastavak istraživanja početnih u pomenutom radu. Ako se zavisnost doze zračenja od distance rasijanja $D (r_1)$ izvode za dovoljan broj radijus vektora povećanih iz centra polja, moguće je spajanjem tačaka iste doze dobiti raspodjelu doze zračenja

u radnom prostoru ove dijagnostike. Dozimetrijska slika je predstavljena preko horizontalnih presjeka na visinama 60,70,80,100,110,140 i 160 cm od poda. Zbog velikog gradijenta doze zračenja neposredno uz stol, i gabarita korištene komore u ovom području su korišteni TL dozimetri. Sve ove slike su izvedene za fluoroskopske parametre koji se najčešće koriste u praksi. Kod ove dijagnostike, uglavnom se cijelo tijelo ozračuje nehomogeno. Za procjenu efekata izazvanih zračenjem potrebno je odrediti dozu koju prime radiosenzibilne strukture. Stoga su TL dozimetri nošeni na čelu (iznad oka), štitnjače, vrhu sternuma, gonadama i prstima ruke. Pročitane vrijednosti su bile u području dobre pouzdanosti i svodjene su na jednu pretragu.

R E Z U L T A T I - Prostorna raspodjela doze zračenja u ovom prostoru je predstavljena preko horizontalnih presjeka na visinama 60, 70,90,100, 140 i 160 cm izvedena za napone 94 kV i 1.8 mA sa otvorom polja 140 cm² i FTD (rastojanje : fokus - površina stola) 45 cm. Na priloženoj slici je data ova zavisnost na visini 60 cm od poda. Doze zračenja koje prime pojedine strukture tijela osoblja izmjerene sa TL dozimetrima prikazane su na priloženoj tabeli. Procjene godišnje doze su izvedene prema godišnjem protokolu od 210 pacijenata.

GODIŠNJE VRIJEDNOSTI DOZE OČITANE NA TLD U mSv

Anatomska struktura	Voditelj pretrage	Asistent voditelja	Radiološki tehničar
Čelo	5.6	4.2	1.8
Štitnjača	7.3	8.1	3.8
Sternum	10.4	9.4	3.1
Gonade	1.35	1.32	-
Prsti	11.5	11.8	2.8

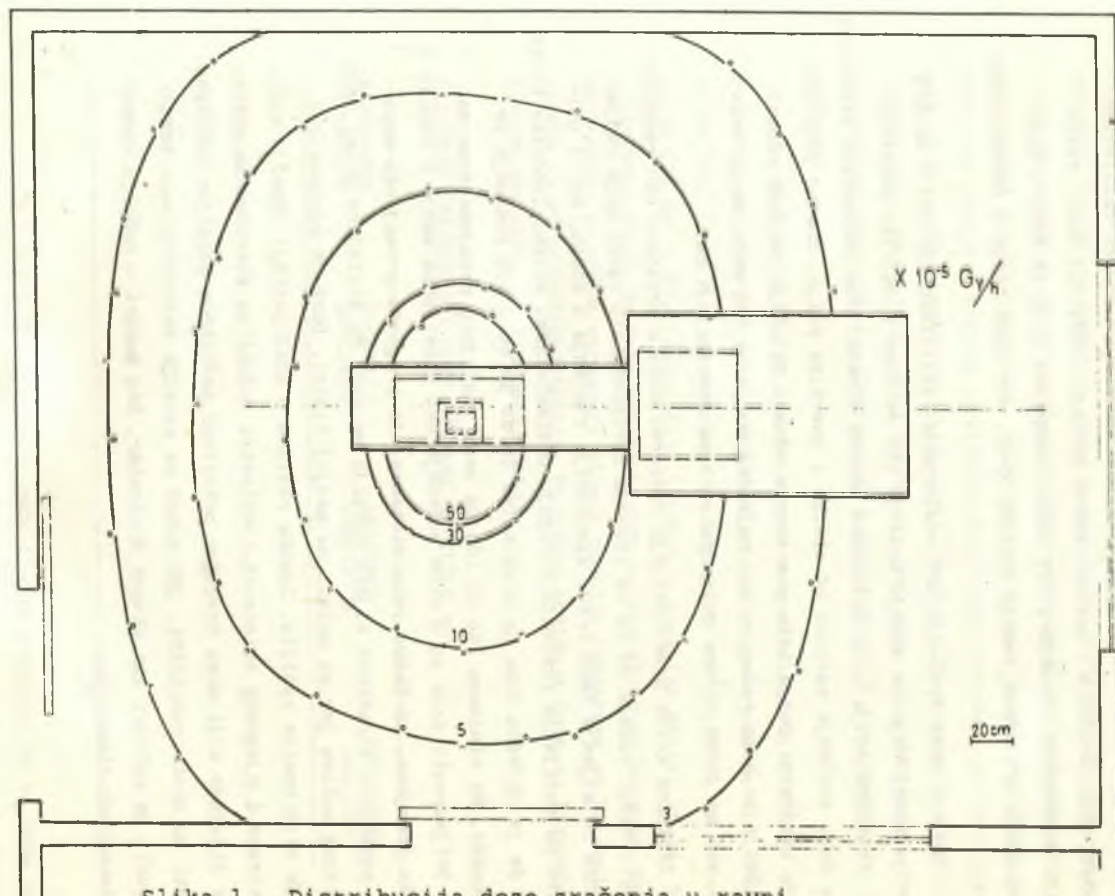
D I S K U S I J A - U radu (2) je pokazano da se doza zračenja za korišteno područje napona u ovoj dijagnostici, promjeni a do tristoposto. Ovo je od posebnog značaja kada se bavimo dozom koju primi pacijent. U

radnom prostoru, van primarnog snopa, ova zavisnost se uglavnom održava. Korištenjem pojačavača slike, kod ovog aparata dobiju se pet različitih vrijednosti doze zračenja. Zavisno kakvo uvećanje voditelj želi, zatim dimenzija anatomskih struktura ili nekih segmenata koji se žele u cijelini sagledati pri odredjivanju protoka krvi, ove doze stoje u odnosu jedan prema tri.

Izmjene doze zračenja pri odabiranju različitih FTD idu i do 60% iznad vrijednosti koje se dobiju kada je sto spušten u najnižu poziciju.

Površina polja koje se otvara shodno dimenzijama anatomskih struktura utiče na dozu zračenja zavisno od oblika i površine polja. Znatno veći uticaj imaju kvadratna polja iste površine u odnosu na polja velikog odnosa strana. Ovdje se doza reducira kod najvećeg polja na tri puta manju vrijednost, ako se jedna strana polja zatvori na dimenziju 4 cm.

Izodozne krive predstavljaju raspored doze u prostoru oko rendgenske cijevi. Manji razmak od 10 cm između horizontalnih ravni nije radjen, jer se doza ne mijenja tako brzo. Apsorpcija zračenja u stolu, kao i uticaj zidova na rasijanje zračenja korriguju dozimetrijsku sliku. Izodozne krive pokazuju da je najveća doza na presjecima 60 do 90 cm u kom području se nalaze gonade. Na visinama 140 do 160 cm nema značajnih promjena doze sa visinom. Vrijednosti doze su u ovom području oko deset puta manje u odnosu na najniže presjeke, za tačke iste distance. Iz pregleda primljenih doza zračenja pojedinih struktura tijela osoblja se vidi da štitnjača primi veću dozu od očnog sočiva jer se nalazi na manjoj visini. Doza je mjerena kod osoba koje nisu nosile zaštitu. Znatna razlika u dozi postoji između voditelja pretrage i njegovog asistenta. Dozimetri nošeni na sternumu su postavljani na dijelove koji nisu dovoljno pokriveni zaštitnom keceljom. Očitane vrijednosti su dosta različite, jer nekad se kecelja nekontrolisano podigne ili spusti pa zatvori ili otvori dozimetar, što govori o nošenju kecelja ne adekvatnih dimenzija.



Slika 1. Distribucija doze zračenja u ravni paralelnoj podu na visini 60 cm za napon 94 kV i struju 1.8 mA

Z A K L J U Č A K - Iz eksperimentalnog materijala se uočava da je ovo osoblje izloženo visokim dozama po jednoj pretrazi. Izuzetno je visok gradijent doze neposredno uz sam stol, što mora biti poznato voditelju i njegovom asistentu, koji se nalaze u neposrednoj blizini ovog područja. Dobivene vrijednosti ekvivalentne doze, koje su dobile mjerene strukture, su ispod granice godišnje ekvivalentne doze (Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo je lice koje rade sa izvorima jonizirajućeg zračenja) koja isključuje mogućnost pojave nestohastičkih efekata. Obzirom na prirodu i organizaciju posla ovdje se osoblje ozračuje sa svih strana i dolazi do nehomogenog raspodjela doze po tijelu osoblja. Zbirni efekat daje vrijednost doze koja svodi stohastičke efekte na prihvatljiv nivo. Godišnje vrijednosti doze su dobijene na osnovu protokola ove dijagnostike. Ove vrijednosti treba cijeliti u kompletnoj slici svih uticaja na dozu kao i na dozu koju primi cijelo tijelo. Svako procijenivanje dobivenih vrijednosti izdvojeno iz ove slike je nedopustivo.

L I T E R A T U R A

1. Ardran GM; Crooks HE.: Checking diagnostic X-ray beam quality. Brit. J. Radiol. 41.193,(1968).
2. Banduka M. Uticaj nekih parametara rendgenskog generatora na dozu u okolnom prostoru. Radiologia Jugoslavica. Sup. V. 22, 97-100 (1988).
3. ICRP-26 Recommendations of the International Commission Radiological Protection. Pergmon Press. Oxford (1977).
4. Wholey M.H. Clinical dosimetry during the angiographie examination. Circulation 50.622-631.(1974).

ABSTRACT

The paper presents the irradiation doses distribution in the working space of the locomotor diagnostic personnel. It also presents the estimation of irradiation doses per year received by certain body structures of this personnel.

INDEKS AUTORA

Alunić Lj.	345			
Arh S.	95	105	108	
Arežina R.	183			
Bačić S.	28	427		
Bajić B.V.	211			
Banduka M.	485			
Banović M.	195			
Bastaić Lj.	302			
Barišić D.	7	91	128	140
Bauman A.	74	335		
Bagović J.	435			
Bedrice Lj.	169			
Bjegović M.	191			
Bek-Uzorov Dj.	211			
Boreli F.	327	351		
Bronić J.	423			
Brnović R.	66			
Burger J.	477			
Cerovac H.	335			
Cesar D.	74	335		
Cvetković M.	481			
Ciganolvić P.	199	254		
Čizmek A.	393	397		
Cernak I.	203			
Čukman M.	323			
Deanović Z.	191	195		
Demajo M.	250			
Despotović Lj.A.	401			
Despotović R.	389	393	397	
Dodić S.	233			
Dresto B.	309			
Drljević A.	309			
Drndanski N.	46			
Dumani S.	38	43		
Dvornik I.	151	323	363	367
Djurić G.	136	159	271	450
Džmbasević M.	112	116		
Emanović D.	173			
Faj Z.	375			
Fazliu S.	38	78	279	462
Fedina S.	62	101		
Forić J.	419			
Fraj B.	397			

Gaši F.	43	78			
Gačević M.	435				
Ginda N.	136				
Glodić S.	155				
Gotić M.	411				
Gršić Z.	124	441	458		
Hajduković D.	83	95	99		
Hasanbašić D.	199	237			
Hadžišehović M.	28				
Herceg Z.	199	254			
Hinić Z.	124				
Horšić E.	87	237	241	254	
Horvat Dj.	211				
Inić S.	208				
Ivanović L.	203				
Ivanišević M.O.	250				
Jakšić F.	419				
Jeremić M.	294				
Jernej B.	195				
Jevremović T.	327	331			
Joksić G.	218	222			
Jovanović Lj.	226				
Južnić K.	62	101			
Kandić A.	331				
Kargačin B.	177	183			
Klajić R.	3	87	199	241	254
Knežević Lj.	411				
Kobal I.	477				
Komosa A.	101				
Kordić B.	20				
Korun M.	147				
Kosić P.	159				
Kostadinović A.	405	408			
Kostial K.	177	183			
Košutić K.	7				
Kotović Z.A.	401				
Koturović A.	159				
Kovač M.	241				
Kovač J.	74				
Kovačević M.	155	355	359		
Krainčanid M.	15				
Kraljević P.	169	173			
Krstić S.	282				
Krstić R.	286				
Lazić S.	28	427			
Lendek M.	177				
Lulić S.	7	91	128		

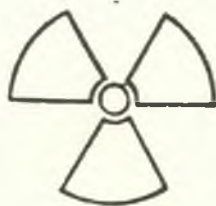
Marković N.	218	222					
Marinković N.	383						
Marković S.	132	155					
Marković Z.	241						
Martinčić R.	11	147					
Matić I.	32						
Matković V.	302						
Mihalj A.	3	87					
Mijatović Lj.	70						
Milačić S.	222	233					
Mitić O.	211						
Milivojević K.	187	215					
Miljanić S.	169	363 367					
Milanović A.	481						
Milojević M.	445						
Milošević Z.	3	87 199 237 241 254					
Milošević A.	159						
Minić M.	233						
Mitić D.	477						
Mitrović R.	20	24 435					
Mirjana M.	246						
Mirković G.	54	58					
Morina H.	38	78 279 462					
Musić S.	415	419 431					
Mušanović M.	309						
Nečime M.	101						
Nikezić D.	286	371					
Novak Lj.	164						
Novaković M.	335						
Ninković M.M.	120	155					
Nikolić R.	315						
Osmak M.	258						
Pantelić G.	66	164					
Panov D.	164	218 294					
Pavlović I.	20						
Pavlović R.S.	120						
Pejušković B.	132	159					
Perhat U.	345						
Petrović B.	20	24					
Perić A.	405	408					
Pišl N.	471						
Planinić J.	375						
Plečaš I.	405	408					
Popović D.	271						
Popović S.	415						
Popovski S.	351						
Prijatelj I.	95						
Pucelj B.	11	147					

Radotić N.	211			
Radovanović R.	112	116		
Ranogajec-Komor M.		323		
Rečica F.	462			
Ravnikar M.	147			
Ristić M.	419	431		
Saračević L.	3			
Samek D.	87			
Selak I.	241			
Simović R.	383			
Simović S.	302			
Simović M.	203			
Slijepčević P.	199	237	254	
Smiljančić R.	50	445		
Spasić V.	327			
Stanković S.	15	435		
Staničić V.	383			
Stanimirović D.	203			
Stevanović Z.	32			
Stojanović D.	132	187	215	331
Stojanović M.P.	208			
Subotić B.	401	423		
Sifrer J.	108			
Simprga M.	169	173		
Sipka V.	28			
Štruc V.	95	108		
Smelcerović M.	132	136	159	450
Sobajić M.	379			
Sukala Z.I.	246	261		
Tanisijević D.	481			
Todorović D.	50	124	441	
Tomašević M.	267	275	282	290 298
Tomljenović I.	339			
Vanpotić J.	477			
Vertačnik A.	7			
Vekić B.	151	323		
Veličković D.	355	359		
Vojvodić V.	454			
Voskrsensky I.	302	305		
Vračarović Lj.	215			
Vujanović S.	32			
Vučičević M.M.	246	261		
Vukčević M.	355	359		
Vuković M.	215			
Vukotić M.	70			
Vuković Z.	28	427		
Vuković N.	290			

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE

ZBORNİK RADOVA

XV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA



Prština, 06 — 09. Juna 1989.

RADOVI KOJI SU STIGLI NAKON ŠTAMPANJA ZBORNIKA

1. Lokobauer N., Bauman A., Marović G.
PROCJENA UDELA POJEDINOG NAČINA IZLOŽENOSTI POPULACIJE
IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU NAKON NUKLEARNOG AKCIDENTA U
ČERNOBILJU _____ 5
2. Franić Z., Senčer J., Bauman A.
AKTIVNOSTI Sr-90 U PADAVINAMA U ZAGREBU _____ 9
3. Marović G., Senčer J., Bauman A.
OVISNOST RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE DIVLJAČA U PREHRANI _____ 13
4. Novaković M., Prlić I., Cerovac H.
MJERENJE OSNOVNOG GAMA ZRAČENJA U OKOLINI TLD _____ 17

PROCJENA UDJELA POJEDINOG NAČINA IZLOŽENOSTI POPULACIJE IONIZIRAJUĆEM
ZRAČENJU NAKON NUKLEARNOG AKCIDENTA U ČERNOBILU

Lokobauer N., Bauman A. i Marović G.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu,
Zagreb

SAŽETAK

U radu su prikazani podaci procjene godišnjeg efektivnog ekvivalenta doze za tri starosne skupine stanovništva u SR Hrvatskoj. Godišnja doza procjenjena je s obzirom na vanjsku izloženost, te inhalaciju i ingestiju biološki značajnih radionuklida.

Osim toga u radu je prikazan postotak udjela pojedinog načina izloženosti s obzirom na ukupni godišnji efektivni ekvivalent doze za djecu od jedne godine, djecu od deset godina i za odrasle.

UVOD

Glavni cilj istraživanja specifične aktivnosti uzoraka životne sredine nakon nuklearnog akcidenta jest procjena radijacijskog rizika na populaciju. Na temelju takve procjene moguće je odrediti dozvoljene granice specifične aktivnosti radionuklida u okolišu ili tzv. "izvedene interventne nivoe".

Problematika procjene ekspozicije ljudi radioaktivnim tvarima je složena zbog utjecaja velikog broja faktora čiji se doprinos može samo procjenjivati. Pouzdanost procjene doze zračenja u tom slučaju leži u velikom broju podataka o aktivnosti uzoraka životne sredine koji okružuju određenu populaciju kao i u velikom broju lokacija na kojima se vrši uzorkovanje.

METODE OBRADE

U radu je učinjena evaluacija podataka o specifičnoj aktivnosti radionuklida u glavnim ekološkim komponentama (zrak, padavine, tlo, ljudska i stočna hrana) na više lokacija u SR Hrvatskoj za razdoblje od 1.05.1986. do 30.04.1987. godine (1).

Svrha takve evaluacije bila je procjena godišnjeg efektivnog ekvivalenta doze za tri starosne skupine stanovništva (djeca od jedne godine, djeca od deset godina i odrasli).

Godišnja doza na populaciju procjenjena je s obzirom na vanjsku izloženost, inhalaciju i ingestiju.

A/ Procjena doze zračenja od vanjske izloženosti

Procjena doze zračenja od vanjske izloženosti učinjena je na temelju mjerenja brzine doze, a prema izrazu:

$$H_{E_{ex}} = (\bar{D} \cdot t \cdot t_1 + \bar{D} \cdot t' \cdot t_1 \cdot K) \cdot 0,7$$

$H_{E_{ex}}$ - efektivni ekvivalent doze od vanjske izloženosti (μSv)

\bar{D} - brzina doze u zraku na visini od 1 m iznad tla (μGyh^{-1})

t - vrijeme provedeno na otvorenu prostoru (sati)

t_1 - vrijeme za koje se procjenjuje doza (dani)

t' - vrijeme provedeno u zatvorenu prostoru (sati)

K - zaštitni koeficijent zgrada ($K = 0,1$)

0,7 - odnos efektivnog ekvivalenta doze (H_E) i absorbirane doze gama-zračenja u zraku (D)

B/ Procjena doze zračenja od inhalacije

Procjena doze zračenja od inhalacije učinjena je za nekoliko radionuklida ovisno o izmjerenoj specifičnoj aktivnosti u zraku i s obzirom na konverzione faktore dane u literaturi (1).

Izraz za proračun efektivnog ekvivalenta doze od inhalacije dan je jednadžbom:

$$E_{E_{inh.}} = \sum_i (A_i \cdot t \cdot f \cdot k + A_i \cdot t' \cdot f \cdot k \cdot K)$$

$H_{E_{inh.}}$ - efektivni ekvivalent doze od inhalacije (μSv)

A_i - specifična aktivnost i-tog radionuklida u zraku (Bq m^{-3})

t - vrijeme provedeno na otvorenu prostoru (sati)

t' - vrijeme provedeno u zatvorenu prostoru (sati)

f - brzina inhalacije ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

K - zaštitni koeficijent zgrada (0,1)

k - konverzioni faktor (μSvBq^{-1})

C/ Procjena doze zračenja od ingestije

Izraz za proračun efektivnog ekvivalenta doze od ingestije dan je jednadžbom:

$$H_{\text{Eing.}} = \sum_{i,j,l} A_{j,l}(i) \cdot m_{j,l} \cdot k(i)$$

$H_{\text{Eing.}}$ - efektivni ekvivalent doze od ingestije (μSv)

$A_{j,l}(i)$ - prosječna mjesečna $|j\text{-ta}|$ specifična aktivnost pojedinog radionuklida $|i\text{-tog}|$ u komponenti prehrane $|l\text{-toj}|$ (Bqkg^{-1})

$m_{j,l}$ - mjesečni $|j\text{-ti}|$ unos pojedine komponente prehrane $|l\text{-te}|$ (kg)

$k_l(i)$ - konverzioni faktor (μSvBq^{-1})

Na temelju gornjih proračuna godišnjeg efektivnog ekvivalenta doze u radu je učinjena procjena postotka udjela pojedinog načina izloženosti s obzirom na ukupni godišnji efektivni ekvivalent doze za tri starosne skupine stanovništva u SR Hrvatskoj.

REZULTATI

Na tablici 1 prikazana je procjena godišnjeg efektivnog ekvivalenta doze za djecu od jedne godine, djecu od deset godina i odrasle.

Tablica 1. Procjena godišnjeg efektivnog ekvivalenta doze za stri starosne skupine stanovništva u SR Hrvatskoj

Način izloženosti	Efektivni ekvivalent doze H_E (μSv)		
	djeca (1 god)	djeca (10 god)	odrasli
Vanjska izloženost	249,10	474,00	474,00
Inhalacija	6,49	14,17	10,86
Ingestija	1231,70	435,70	377,68
Ukupno	1487,29	932,87	862,54

Na tablici 2 prikazana je procjena udjela pojedinog načina izloženosti s obzirom na ukupni godišnji efektivni ekvivalent doze.

Tablica 2. Procjena udjela pojedinog načina izloženosti s obzirom na ukupni godišnji efektivni ekvivalent doze

Način izloženosti	Djeca 1 godina %	Djeca 10 godina %	Odrasli
Vanjska izloženost	16,8	51,3	54,9
Inhalacija	0,4	1,5	1,3
Ingestija	82,8	47,2	43,8

ZAKLJUČAK

Prema navedenim procjenama udio inhalacije za sve je tri skupine stanovništva zanemariv u odnosu na vanjsku izloženost i ingestiju. Djeca od jedne godine primila su najveću dozu zračenja od ingestije, a od navedene doze više od 70% pripisuje se unosu ^{131}I mlijekom i lisnatim povrćem. Djeca od deset godina primila su približno jednake doze zračenja od vanjske izloženosti i ingestije, a populacija odraslih primila je nešto veću dozu od vanjske izloženosti.

ABSTRACT

The annual effective dose equivalents for three different population age groups in Croatia (one year old infants, children at the age of ten and for adults) are assessed. In view of the values obtained, percentages for the separate exposure pathways in relation to the total effective dose equivalents are calculated.

LITERATURA

1. Lokobauer N.: Radioaktivna kontaminacija i procjena rizika nakon nuklearnog akcidenta. Disertacija - Prehrambeno biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu (1988).

AKTIVNOST ^{90}Sr U PADAVINAMA U ZAGREBU

Franić Z., Senčar J. i Bauman A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Aktivnost ^{90}Sr u padavinama kontinuirano je praćena od 1963. godine do danas. Srednje vrijeme boravka ^{90}Sr u padavinama iznosi pet godina. Nakon zabrane nadzemnih nuklearnih eksplozija dolazi do pada aktivnosti. Aktivnosti ^{90}Sr izmjerene u padavinama u Zagrebu, pripadaju jednoj populaciji. Nuklearna nesreća u Cernobilu prouzročila je neznatan porast aktivnosti ^{90}Sr padavinama.

Uvod

Radionuklidi stvoreni nuklearnim eksplozijama u atmosferi potencijalni su kontaminanti cijele biosfere, s velikim utjecajem na daljnji razvoj nekih životnih vrsta, te s mogućim utjecajem i na čovjeka. ^{90}Sr je jedan od najopasnijih umjetno stvorenih radionuklida. Aktivnost ^{90}Sr sistematski se prati u Odjelu za zaštitu od zraćenja još od 1963. godine u gotovo svim kompartmentima biosfere [1,2].

Rezultati i diskusija

Aktivnosti ^{90}Sr u mjesečnim uzorcima padavina (fallout) sakupljenim u Zagrebu prikazane su na slici 1. Krajem sedamdesetih godina dolazi do manjeg porasta aktivnosti uslijed kineskih nuklearnih eksperimenata. Nuklearna nesreća u Cernobilu, s izuzetkom svibnja 1986. godine, nije prouzročila znatniji porast aktivnosti. To je i razumljivo jer se tom prilikom u atmosferu i nisu oslobodile veće količine stroncija [3].

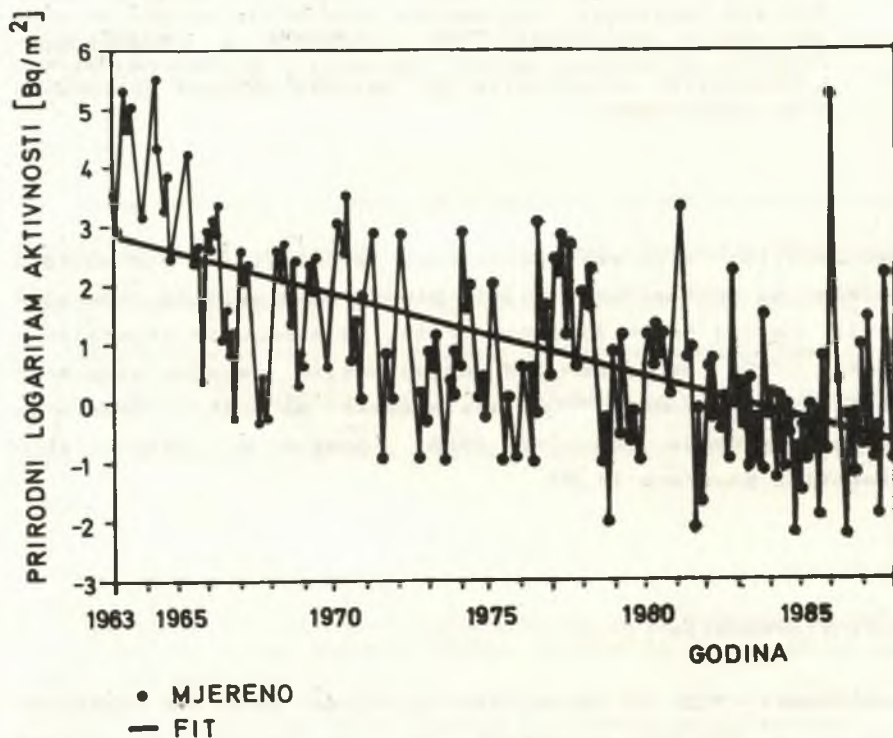
Funkcijskom minimalizacijom [4] nađena je jednadžba koja opisuje prosječnu aktivnost ^{90}Sr u padavinama, kao funkciju vremena (vrijeme je u mjesecima):

$$A(t) = 16.90 \cdot \exp(-0.01157 \cdot t) \quad (1)$$

Srednje vrijeme boravka ^{90}Sr u padavinama stoga iznosi:

$$t_{1/2} = \ln(2)/(0.01157 * 12) = 5.00 \text{ godina} \quad (2)$$

To se dobro poklapa s literaturnim podacima od 5.5 godina [5]. Za usporedbu, radiološko vrijeme poluraspada ^{90}Sr iznosi 28 godina.



slika 1.

Testirana je pretpostavka da su aktivnosti ^{90}Sr u mjesečnim uzorcima padavina raspodijeljene po logaritamsko-normalnoj raspodjeli. Ukupno 304 podatka svrstana su u 24 razreda. Kriterij je bio da se minimalna i maksimalna vrijednost u pojedinom razredu ne razlikuju više od 15 % što odgovara efikasnosti metode određivanja aktivnosti. Funkcija distribucije $F(x)$ prikazana je na papiru vjerojatnosti (slika 2). Iz dobivenog Henry-jev pravca slijede parametri logaritamsko-normalne raspodjele:

$$x = 2.96$$

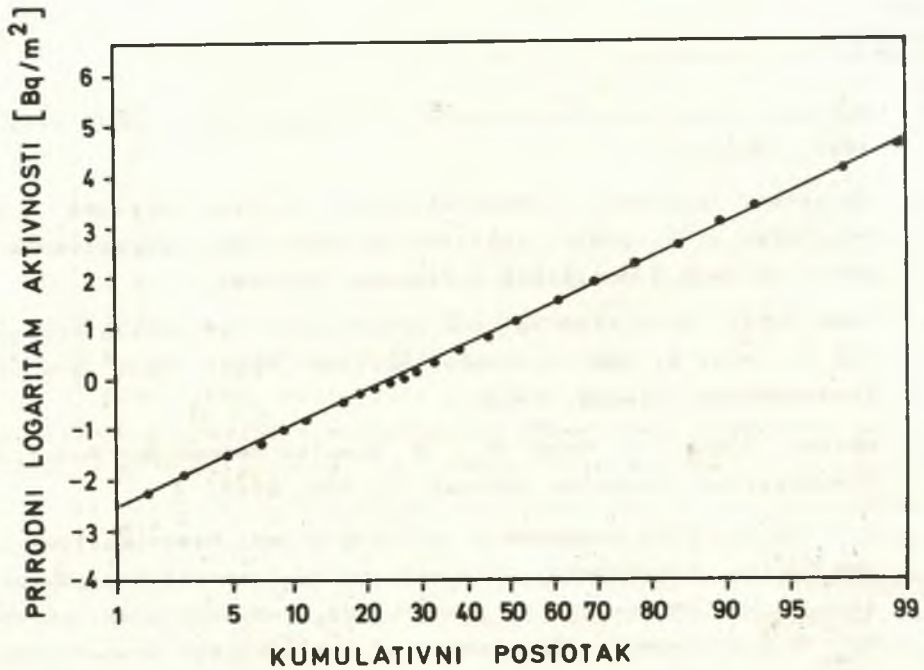
$$g = 4.84$$

(3)

gdje su:

x geometrijska sredina aktivnosti, tj. antilogaritam aritmetičke sredine logaritama aktivnosti,

g geometrijska standardna devijacija aktivnosti, definira nagib pravca.



slika 2.

Budući da na Henry-jevom pravcu nema bimodaliteta, može se zaključiti da aktivnosti ^{90}Sr izmjerene u padavinama u Zagrebu pripadaju jednoj populaciji; posljedica su nadzemnih nuklearnih pokusa. Drugim riječima, u blizini Zagreba nema mehanizma koji dovodi do kontinuiranog ispuštanja ^{90}Sr . Nuklearna nesreća u Cernobilu prouzročila je tek neznatan porast aktivnosti ^{90}Sr padavinama.

Zaključak

Srednje vrijeme boravka ^{90}Sr u padavinama iznosi 5 godina. Nakon zabrane nadzemnih nuklearnih pokusa količina ^{90}Sr u padavinama eksponencijalno se smanjuje. Aktivnosti ^{90}Sr izmjerene u padavinama u Zagrebu pripadaju jednoj populaciji.

Literatura

1. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji, RBIO 1962.-1977., Beograd.
2. Rezultati mjerenja radioaktivnosti životne sredine u SR Hrvatskoj 1977.-1987., Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
3. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy, The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences, Vienna, 1986.
4. Nelder J.A. and Mead R., A Simplex Method for Function Minimization, Computer Journal, 7, 308, 1965.
5. Aarkrog A., Risk Assessment of Long-Lived Radionuclides in the Marine Environment, Proceedings of International Symposium on the Behaviour of Long-Lived Radionuclides in the Marine Environment, Commission of the European Communities, 1984.

Abstract

^{90}Sr ACTIVITY IN ZAGREB FALLOUT

The control of ^{90}Sr activity in fallout has been carried out for 25 years. The effective mean half-life of ^{90}Sr in fallout is five years. After atmospheric nuclear weapon tests were banned, fallout activities have decreased exponentially. ^{90}Sr activities in Zagreb fallout belong to one population. The nuclear accident at Chernobyl caused only a minor increase in activity.

OVISNOST RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE DIVLJACI O PREHRANI

Marović G., Senčar J. i Bauman A.

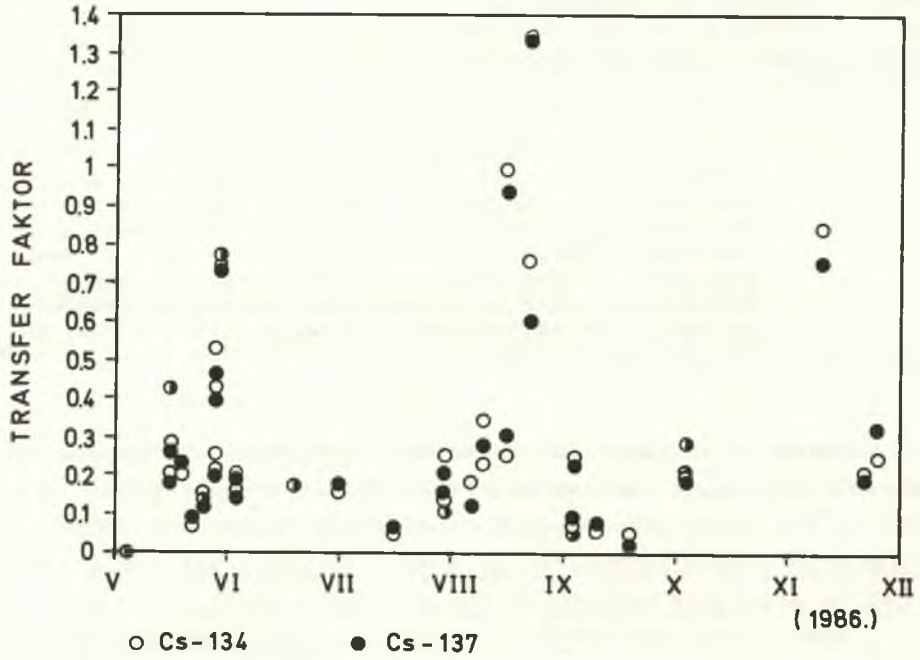
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

U radu su obrađeni nivoi aktivnosti ^{134}Cs i ^{137}Cs u mahovini, travi, te krupnoj i sitnoj divljaci s različitih lovnih područja u SR Hrvatskoj u 1986. godini. Izračunati su faktori za transfer cezija iz mahovine i trave u meso divljaci. Raspodjele frekvencija transfer faktora pokazale su utjecaj nuklearnog akcidenta u Černobilu na kontaminaciju mesa divljači s obzirom na način prahrane.

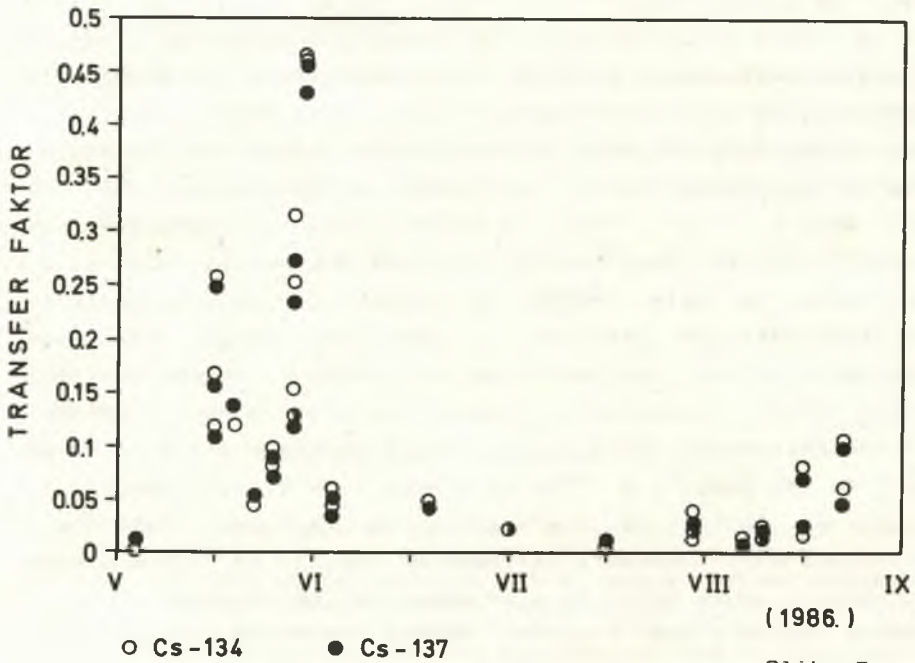
Nuklearni akcident u Černobilu uzrokovao je povećanje nivoa radioaktivnosti u biosferi. Zbog direktne depozicije ^{134}Cs i ^{137}Cs na tlo porasli su nivoi kontaminacije vegetacije. Pratili smo povećanje nivoa kontaminacije u mesu krupne i sitne divljaci u odnosu na povećanje aktivnosti trave i mahovine.

Specifične aktivnosti cezija u nizu uzoraka trava sakupljenih u različitim područjima SR Hrvatske kretale su se od 22 Bqkg^{-1} do $6.9 \times 10^3 \text{ Bqkg}^{-1}$ za ^{134}Cs i od 64 Bqkg^{-1} do $1.5 \times 10^4 \text{ Bqkg}^{-1}$ za ^{137}Cs [1]. Primjećuje se višestruko povećanje u odnosu na prosječne vrijednosti u travi u višegodišnjem praćenju prije akcidenta ($1.10 \pm 0.98 \text{ Bqkg}^{-1}$ za ^{137}Cs) [2]. Maksimalne aktivnosti cezija u travama i mahovinama izmjerene su krajem svibnja i početkom lipnja. Za mahovine iznosile su: za ^{134}Cs $4.2 \times 10^3 \text{ Bqkg}^{-1}$, za ^{137}Cs $8.8 \times 10^3 \text{ Bqkg}^{-1}$. Mahovine kao višegodišnje biljke zbog svojih morfoloških i ekoloških osobina, sporog rasta te male resorpcije putem korijena višestruko akumuliraju fizijske produkte iz padavina, mnogo više nego jednogodišnje biljke. Udio mahovina u prehrani krupne divljaci doprinosi brznoj akumulaciji cezija u meso srna i jelena. Specifične aktivnosti ^{134}Cs u mesu srna i jelena kretale su se od 5 Bqkg^{-1} do 993 Bqkg^{-1} , a ^{137}Cs od 8 Bqkg^{-1} do $2.1 \times 10^3 \text{ Bqkg}^{-1}$. Izračunati su faktori za transfer cezija iz trava i mahovina u meso divljači [3,4]. Faktori za transfer cezija iz trave u meso srna prikazani su na slici 1, a iz mahovine na slici 2. Vrijednost faktora za transfer cezija iz trave u meso srna u godinama prije akcidenta iznosila je 21 ± 5 . Visoke aktivnosti

trava i mahovina deponirale su se velikim dijelom u meso srna što rezultira izrazitim smanjenjem vrijednosti transfer faktora.



Slika 1.

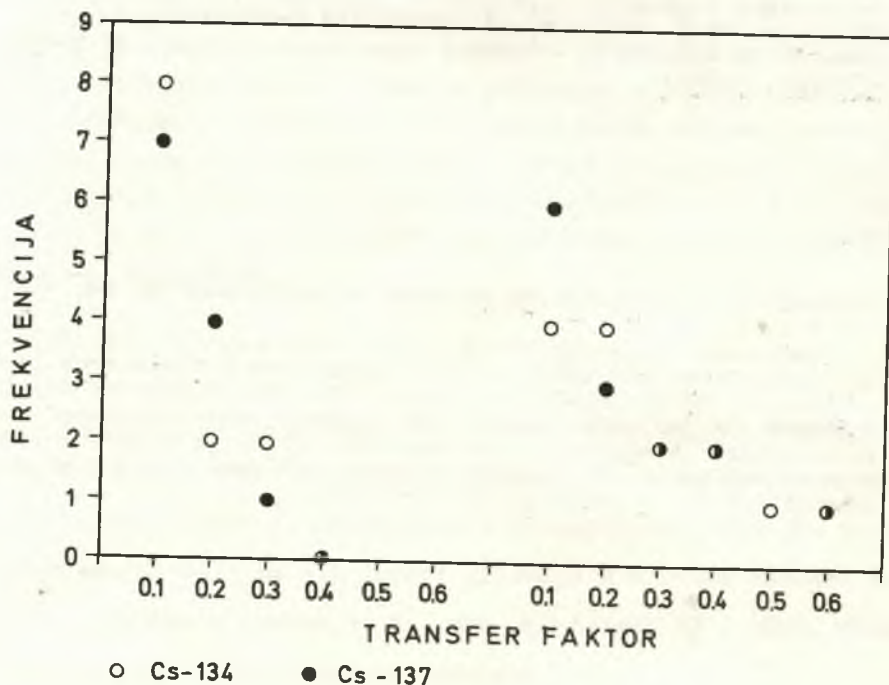


Slika 2.

Utjecaj povišenih aktivnosti trava i mahovina koje su glavna prehrana krupne divljači promijenio je odnose u raspodjeli transfer faktora.

Specifične aktivnosti ^{134}Cs zečeva nakon černobilskog akcidenta bile su od 6 Bqkg^{-1} do 532 Bqkg^{-1} , a ^{137}Cs od 7 Bqkg^{-1} do 977 Bqkg^{-1} . Unatoč povišenih vrijednosti aktivnosti mesa zečeva černobilski akcident nije bitno utjecao na vrijednosti transfer faktora i njihovu raspodjelu (slika 3). U godinama prije akcidenta vrijednost transfer faktora bila je 0.2 ± 0.1 .

RASPODJELE FREKVENCIJA FAKTORA ZA TRANSFER CEZIJA IZ MAHOVINE I TRAVE U MESO ZEČEVA



Slika 3.

Tek nekoliko vrijednosti transfer faktora koji odgovaraju mjerenjima s kraja svibnja ne nalazi se u granicama prijašnjih vrijednosti. Trava, a osobito mahovina nisu osnovna prehrana zečeva, te njihove velike aktivnosti nisu utjecale na promjenu transfer faktora kao što je slučaj kod krupne divljači.

Literatura

1. Marovic G., Bauman A., Lokobauer N., Senčar J.: Importance of Bioindicators in the Assessment of Radioactive Contamination II Yugoslav-Italian Symposium. Radiation Protection: Advances in Yugoslavia and Italy. Udine June 22-24, 1988.
2. IMI-P-44(1981), IMI-P-46(1982), IMI-P-57 (1983) Rezultati kontrole radioaktivnosti porijeklom od rada NE Krško za 1981, 1982. i 1983. godinu
3. Schmid E., Byrde F., Häsler St., Heiz H.-J., Meyer M., Sörenson J.: Die Radionuklidgehalt im Fleisch von Schlachttieren und Jagdwild in der Schweiz infolge des Reaktorunfalles von Tschernobyl. Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz nach Tschernobyl und ihre wissenschaftliche Interpretation, Band I, Bern (Schweiz), Proc.p.437 (1986)
4. Rantavaara A., NygrCn T., NygrCn K., Hyvönen T.: Radioactivity of Game Meat in Finland after the Chernobyl Accident in 1986. STUK-A62(1987). Suppl.7 to Annual Report STUK-A55. Helsinki (1987)

Abstract

RADIOACTIVE CONTAMINATION IN GAME IN DEPENDANCE ON THE DIET

The paper analyses ^{134}Cs and ^{137}Cs radioactivity levels in moss, grass and small and big game from different hunting grounds in SR Croatia in the year 1986. The factor of the Cs transfer from the moss and grass into venison was calculated. Frequency distribution of the transfer factor showed influence of nuclear accident in Chernobyl on venison contamination in relation to the diet.

MJERENJE OSNOVNOG GAMA ZRAČENJA U OKOLINI TL DOZIMETRIMA

Novaković M., Prlić I., Cerovac H.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Radi utvrđivanja potencijalne opasnosti od praktične primjene izvora ionizirajućih zračenja potrebno je poznavati kolika je osnovna izloženost stanovništva od prirodnog zračenja. Ako želimo znati granice fluktuacije doza u nekoj točki, moramo provesti niz mjerenja zbog određivanja opsega, srednje vrijednosti i pravilnosti u promjenama. Zbog svoje inherentne kumulativnosti, stabilnosti signala, te velike osjetljivosti kao detektor zračenja koristimo TLD $\text{CaF}_2:\text{Mn}$, VICTOREEN.

Mjerenje osobnih doza oko izvora ionizirajućeg zračenja, mjerenje tih doza u radnoj okolini i mjerenje doza od izvora zračenja u okolini anticipira poznavanje doza osnovnog zračenja. To je osobito važno ako su doze od tih izvora zračenja u mjernim točkama reda veličine prirodnog zračenja, tj. ako ga prelaze 50 - 200%. Prema tome doza izmjerena TLD-om može se prikazati:

$$D_{\text{TLD}} = D_{\text{osn.}} + D_{\text{dod.}} \quad (1)$$

gdje je:

D_{TLD} - ekspozicijska doza izmjerena TLD-om u nekoj točki radne ili životne sredine u definiranom vremenskom razdoblju

$D_{\text{osn.}}$ - ekspozicijska doza u nekoj točki životne sredine od prirodnog zračenja u definiranom vremenskom razdoblju

$D_{\text{dod.}}$ - dodatna ekspozicijska doza zbog doprinosa izvora zračenja ukomponiranog u životnu ili radnu sredinu u danom vremenskom intervalu.

Pretpostavimo da je $D_{\text{dod.}}$ u nekoj točki životne sredine za razdoblje od tri mjeseca $5,2 \mu\text{C kg}^{-1}$. Jakost ekspozicijske doze $D_{\text{osn.}}$ neka je u mjernim točkama prostora npr. 1,3 odnosno 2,6 odnosno $5,2 \text{ nC kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. U razdoblju od tri mjeseca (90 dana x 24 sata x 1,3 ili 2,6 ili $5,2 \text{ nC kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) ekspozicijska doza $D_{\text{osn.}}$ će iznositi 2,8 odnosno 5,6 odnosno $11,2 \mu\text{C kg}^{-1}$. Uz jednake primljene dodatne doze $D_{\text{dod.}}$, doze očitane TLD-om (8 odnosno 10,8 odnosno $16,4 \mu\text{C kg}^{-1}$) su toliko različite da ih moramo korigirati. Da to nije samo akademska želja za perfekcijom, može se lako pokazati na primjeru primjene člana 27. i 28. Pravilnika o granicama iznad kojih stanovništvo i osobe koje rade s izvorima ionizirajućih zračenja ne smiju biti izloženi ozračenju, te o mjerenjima stupnja izloženosti ionizirajućim zračenjima osoba koje rade s izvorima tih zračenja i o provjeri kontaminacije radne okoline (Sl. list SFRJ 40/86.) kada treba odobriti ili odbaciti neku konkretnu primjenu izvora zračenja (npr. RAG, ionizirajući javljač požara ili dr.).

To je jedan od razloga zašto je uspostavljena mreža TLD na teritoriju SR Hrvatske.

Na pojedinim konkretnim lokacijama na kojima se koriste izvori zračenja u praktične svrhe koristili smo TLD Victoreen (CaF_2 : Mn-bulb) i čitač Victoreen Model 2810.

Svojstva CaF_2 : Mn (npr. energetska i direkcionalna ovisnost, linearnost, te njihova pouzdanost za mjerenje gama zračenja u okolini) je opisana u drugim radovima (2,3,4).

Zamisao mjerenja doza u pojedinoj točki je slijedeća: u određenoj točki, na tehnički najprikladniji način, izloži se prirodnom zračenju netom žareni TLD. Vrijeme izlaganja odabrali smo tri mjeseca. Iz podataka o različitim vrstama TLD i čitača, te preliminarnih ispitivanja, utvrđeno je da se mogu mjeriti pouzdano doze od $2,6 \text{ uC kg}^{-1}$ na više, pa kraći vremenski intervali teško da dolaze u obzir.

Osnovna poteškoća u mjerenju je određivanje baždarne krivulje za doze tog reda veličine i za energije zemljine komponente zračenja. Gotovo da nema podataka o energetskej zavisnosti TLD u području do 100 keV.

Dosadašnja iskustva možemo ukratko sažeti:

- izlaganjem TLD u raznim točkama životne sredine mogu se dobiti podaci o dozama prirodnog zračenja upotrebljivi za procjenu osobnih doza, doza u pojedinim točkama radne sredine i točkama u životnoj sredini gdje se prirodno zračenje može povećati radi neke praktične primjene izvora zračenja (npr. gromobrani i ionizirajući javljači požara),
- unatoč poteškoćama s baždarenjem rezultati ovakvih procjena su se pokazali aplikativni za svrhe zaštite.

Abstract:

MEASUREMENT OF BACKGROUND GAMMA RADIATION IN THE ENVIRONMENT USING
THERMOLUMINESCENT DOSEMETERS

To establish possible hazardous effects from the use of sources of ionizing radiation the doses of natural radiation received by the population should be determined. Fluctuation limits of the doses at a certain point were obtained by performing a series of measurements providing magnitude, average values and regularity of changes. Measurements were carried out using TLD $\text{CaF}_2 : \text{Mn}$, VICTOREEN owing to its inherent cummulation, stability of signals and great sensitivity.

Literatura:

1. Sl. list SFRJ 40/86.
2. Pradham, A.S.: Thermoluminescence Dosimetry and its Applications, Radiation Protection Dosimetry. Vol. 1, No 3, Nuclear Technology Publishing.
3. G. de Planque Burke: Investigation of a $\text{CaF}_2 : \text{Mn}$ Thermoluminescent Dosimetry System for Environmental Monitoring, USAEC Report HASL-252 (1972).
4. XII Jugoslovenski simpozij za zaštitu od zračenja, Ohrid 1983., Zbornik radova, 667.