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

ZBORNIK RADOVA

X SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

ARANĐELOVAC
29. V. — 1. VI. 1979.

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

ZBORNIK RADOVA

X SIMPOZIJUMA JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

ARANĐELOVAC
29. V. — 1. VI. 1979.

POČASNI PREDSEDNIK: Dr ALEŠ BEBLER

Predsednik jugoslovenskog Saveza za zaštitu i unapredjenje čovekove sredine

ORGANIZACIONI ODBOR:

Doc. Dr Petar Marković, predsednik
Doc. Predrag Bojović
Dr Pavla Čremošnik
Ing.Dušan Djurakić
Dipl.ing.Slobodan Gnjatović
Dipl.fiz. Zoran Kalendarov
Dr Ivan Kobal
Mr. Sava Milojević
Dipl.ing.Velimir Popović
Mr. Djordje Ristić
Doc. Dr Radoslav Radovanović
Dipl.hem. Borivoje Simić
Dr Miodrag Trajković

TEHNIČKA ORGANIZACIJA:

Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja i Laboratorija za zaštitu od zračenja Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

MESTO ODRŽAVANJA:

Arandjelovac, hotel "Izvor"

S A D R Ž A J

Strana

1. D.Patić, R.Smiljanić, M.Zarić:
KRITIČNI RADIONUKLIDI NUKLEARNO-ENERGETSKIH POSTROJENJA 1

2. T.Tasovac, M.Zarić:
RADIJACIONI UTICAJ NUKLEARNIH POSTROJENJA NA OKOLINU 7

3. M.Mihajlović, M.Čopić:
PREDPOGONSKA MERENJA RADIOAKTIVNOSTI OKOLINE NE KRŠKO - NAŠA ISKUSTVA I ZAKLJUČCI DO KOJIH SMO DOŠLI 13

4. M.Mihajlović, D.Brajnik, V.Miklavžić, I.Kobal, D.Zavrtanik, I.Lulič, K.Južnič, S.Jerančić:
REZULTATI MERENJA RADIOAKTIVNOSTI OKOLINE NE KRŠKO 21

5. V.Kubelka, K.Kvastek:
REZULTATI DOBIVENI VODOISTRAŽNIM RADOVIMA U KRŠU KOJE BI TREBALO UZETI U OBZIR KOD ODREDJIVANJA LOKACIJA NUKLEARNIH ELEKTRANA 29

6. N.Ajdačić:
ODREDJIVANJE SADRŽAJA Ce, Cr, Cs, Fe, Zn, i Co U UZORCIMA VODA, TLA I RASTINJA IZ ŠIRE OKOLINE OSTRVA VIR KOD ZADRA 37

7. M.Vidmar, M.Zarić:
NAŠI PROPISI ZA LOCIRANJE I GRADNJU NUKLEARNIH POSTROJENJA-ELEKTRANA 45

Strana

8. M.Zarić:

ISTRAŽIVANJA ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH I NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA U OKVIRU "PROGRAMA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI NA ZAŠTITI I UNAPREDJIVANJU PRIRODE I ČOVEKOVE SREDINE U SR SRBIJI .. 51

9. R.Mihajlović, M.Ninković:

OSNOVNI KONTAMINANTI PRIMARNOG KOLA ENERGETSKIH NUKLEARNIH REAKTORA 57

10. M.Ninković, O.Mladjenović, M.Kanduč:

OBUKA TEHNIČARA ZA POSLOVE ZAŠTITE OD ZRAČENJA NA NUKLEARNIM ELEKTRANAMA 65

11. P.Bojović:

PROJEKTOVANJE CILJEVA I PROGRAMIRANJE RAZVOJA SISTEMA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA .. 75

12. B.Momčilović:

UTJECAJ CELULOZNIE VLAKANA U HRANI NA APSORPCIJU I RENTENCIJD Sr-85 91

13. B.Pejušković, D.Djurakić, T.Bojović, O.Nikolić, V.Pešić, M.Milovanović:

PRILOG RADIOLOŠKOJ DEKONTAMINACIJI DELOVA GLAVE 95

14. N.Gruden, B.Momčilović, M.Buben:

UTJECAJ CELULOZNIH VLAKANA U HRANI NA TRANSDUODENALNI TRANSPORT RADIOSTROCIJA 101

15. A.Bauman i M.Bajlo:

KONCENTRACIJA NEKIH RADIONUKLIDA U URINU NEKONTAMINIRANIH OSOBA 103

16. K.Milivojević, D.Stojanović:

KONTAMINACIJA KOŽNE POVREDE RADIOAKTIVNIM JODOM 105

Strana

17. A.Živanović, K.Milivojević:

ODREDJIVANJE EFEKTIVNOG VREMENA POLUELIMINACIJE RADIOCEZIJUMA IZ KOŽE U USLOVIMA SPOLJAŠNJE KONTAMINACIJE 109

18. M.Trajković, Ž.Ubović:

PROCENA RIZIKA PRI UNUTRAŠNJOJ KONTAMINACIJI TRICIJUMOM RADNIKA REAKTORA RA U VINČI 115

19. B.Vekić, M.Vlatković, L.Horvath, V.Horvat, M.Bašić:

PREDNOSTI ^{123}J U KLINIČKIM ISPITIVANJIMA .. 121

20. P.Marković:

MKRZ PUBLIKACIJA 26 - OSNOVE I NEKE PRAKTIČNE IMPLIKACIJE NJENE PRIMENE 129

21. M.Jeremić, R.Radovanović, D.Panov, M.Kilibarda:

PRILOG DISKUSIJI O PRIMENI NOVIH PREPORUKA MEDJUNARODNE KOMISIJE ZA RADIOLOŠKU ZAŠTITU 155

22. D.Hajduković:

RAZMATRANJE PREPORUKA ICRP-26 PRIMENJENIH U RUDNICIMA SA RADIOAKTIVNIM POJAVAMA 161

23. S.Milojević, R.Radovanović:

MODEL KANCEROGENIH OBOLJENJA I RADIJACIONI RIZIK 165

24. Dj.Horvat, J.Račić:

KROMOSOMSKE ABERACIJE U OSOBA PROFESIONALNO IZLOŽENIH IRIDIJU-192 175

25. B.Pendić, V.Kostić, I.Dostanić, B.Laković:

CITOGENETSKE PROMENE U PACIJENATA SA PSORIASIS VULGARIS LEČENIH PSORALENOM I DUGOTALASNIM UV ZRAČENJEM 179

Strana

44. P.Mirić, D.Novković:

JONIZACIONA KOMORA OD VEM ZA POTREBE KALIBRACIJE DOZIMETRIJSKE INSTRUMENTACIJE 303

45. A.Koturović:

OSVRT NA ELEKTRONSKE DIGITALNE LIČNE DOZIMETRE 309

46. S.Ignjatović:

UREDJAJ ZA ODREDJIVANJE VREMENA RADIOGRAFSKE EKSPOZICIJE POLUTALASNOG RŌ APARATA 317

47. S.Ignjatović:

KONSTRUKCIJA JONIZACIONE KOMORE ZA MERENJE JONIZACIJE U SLOBODNOM VAZDUHU STVORENE PROLASKOM FOTONA ENERGIJE 20 DO 400 KeV-a 321

48. A.C.Lucas:

THE USE OF A HELIUM-3 FILLED PROPORTIONAL COUNTER AS A SENSITIVE DOSE OR DOSE EQUIVALENT METER 327

49. R.Radovanović:

KOEFICIJENT UNIPOLARNOSTI JONA U VAZDUHU 331

50. S.Janković, M.Popović:

PROBLEMI DOZIMETRIJE OPTIČKOG ZRAČENJA .. 333

51. T.Anovski, R.Drašković, J.Naumovski, P.Kirkov i D.Kačurkov:

PRIMENA IZOTOPSKIH TEHNIKA KOD RADIOEKOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA 337

52. M.Hadžišehović, A.Milojević, D.Spasova, K.Burnei, M.Ristić:

RASPODELA TRITIJUMA U PADAVINAMA 345

Strana

53. M.Badžišehović, A.Milojević, B.Filipović, K.Buraei, S.Pongrac, D.Spasova:

TRITIJUM U REČNIM VODAMA 351

54. A.Bauman, N.Franić, M.Baumštark, Dj.Stampf, E.Sokolović, M.Bajlo:

RADIOAKTIVNOST U CISTERNSKIM VODAMA U SRH 359

55. Z.Miloševič, E.Horšić, A.Bauman, R.Kljajić:

PRIRODNA RADIOAKTIVNOST U TLU NA PODRUČJU BiH 363

56. S.Konjović, M.Vukotić, R.Radovanović:

RADIJUM-226 U PIJAĆIM BUNARSKIM VODAMA U BARANJI 367

57. R.Brnović, R.Radovanović, M.Vukotić, M.Milatić:

SVEŽI FISIONI PRODUKTI U ŽIVOTNOJ SREDINI SR SRBIJE U TOKU 1976.GOD. 371

58. M.Džambasević, R.Brnović:

DISKRIMANACIONI KOEFICIJENTI Sr-90 U KARIKAMA EKOLOŠKOG SISTEMA OVACA I GOVEDA NA ZLATIBORU 377

59. Dj.Bek-Uzarov, J.Simonović, Z.Djukić:

OPADANJE SADRŽAJA Cs-137 U LJUDSKOM TELU KAO POSLEDICA OBUSTAVLJANJA NUKLEARNIH EKSPLOZIJA U OTVORENOJ ATMOSFERI 385

60. B.Draganović, G.Djurić, G.Mićić:

MOGUĆNOST SMANJENJA NIVOA PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI SIROVOG GOVEDJEG MESA 389

Strana

61. Z.Milošević, E.Horšić, A.Bauman, R.Kljajić:

KONCENTRACIJA URANA U STOČNOJ HRANI 393

62. M.Čirković, G.Djurić, B.Petrović:

SADRŽAJ K-40 KOD ŽIVINE IZ INTENZIVNOG UZGOJA 397

63. S.Stanković, J.Begović, R.Mitrović:

ADSORPCIJA I PENETRACIJA Cs-137 U JAJETU KAO BIOLOŠKOM SISTEMU 403

64. J.Begović, J.Gligorijević, R.Mitrović, S.Stanković:

TRANSLOKACIJA Cs-137 U JAJETU U USLOVIMA HRONIČNE KONTAMINACIJE 409

65. D.Cesar:

SPECIFIČNA AKTIVNOST Ac-228 U UGLJENIMA I NJIHOVIM ČVRSTIM OSTACIMA POSLIJE SAGORJEVANJA U TERMOELEKTRANAMA 417

66. D.Cesar:

SPECIFIČNA AKTIVNOST Bi-214 U UGLJENIMA I NJIHOVIM ČVRSTIM OSTACIMA POSLIJE SAGORJEVANJA U TERMOELEKTRANAMA 421

67. O.Janković, Lj.Kneževič, Ž.Vuković: IZUČAVANJE SORPCIJE I MIGRACIJE FISIONIH PRODUKATA U ZEMLJIŠTU 425

68. A.Vertačnik i S.Lulić:

UTJECAJ FENOLA NA VEZANJE RADIONUKLIDA Cs-137 I Co-60 NA PRIRODNE SORBENTE ... 431

Strana

69. N.Ajdačić, S.Gnjatović i V.Vujović:

KONTROLA RADIOAKTIVNOSTI U RADNIM SREDINAMA FABRIKA ZA PROIZVODNJU FOSFATNIH VEŠTAČKIH DJUBRIVA 437

70. K.Južnić, Š.Fedina:

KONCENTRACIJA IN RADIOKEMIJSKO DOLOČANJE Ce-144 445

71. R.Mitrović, S.Stanković, J.Beogović, M.Gačević:

KOMPARATIVNA ISPITIVANJA SADRŽAJA Sr-90 U PRODUKTIMA VETERINARSKOG NADZORA EKSTRAKCIJOM SA TBF I METODOM TALOŽENJA OKSALATA 451

72. J.Vuković:

KALEMLJENJE POLIMERA NITROCELULOZE I FLUORESCENTNA ANALIZA U ALFA RADIOAUTOGRAFIJI 457

73. V.Lukatela i S.Lulić:

PRIPREMA IZVORA ZA SPEKTROMETRIJSKO ODREDJIVANJE ALFA RADIONUKLIDA U UZORCIMA IZ OKOLICE 461

74. D.Brajnik, M.Mihailović, U.Miklavžič, Z.Mozetič, D.Zavrtanik:

VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROSKOPIJA GAMA PRI MERITVAH NIZKIH AKTIVNOSTI V OKOLJU 465

75. R.Radovanović, D.Hajduković:

BRZA SPEKTROMETRIJSKA IDENTIFIKACIJA RADIOAKTIVNIH KONTAMINANATA AEROSOLA 469

76. R.Despotović:

ORGANIZACIJA SUSTAVA KOLEKTIRANJA I DEPONIRANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA 471

Strana

77. M.Piršin, M.Toplišek:
ODLAGANJE RADIOAKTIVNIH ODPADKOV 475

78. I.Plećaš, Ž.Vuković:
LAMELA UGUŠČIVAČ U TRETMANU RADIOAKTIVNIH OTPADNIH VODA 483

79. Lj.Knežević, O.Janković:
SORPCIJA Cs-137 NA DOMAĆIM BENTONITSKIM GLINAMA 491

80. Ž.Vuković, A.Matijašić, I.Plećaš:
IZBOR TEHNOLOGIJE OBRADE RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJA U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ" U VINČI 497

81. D.Petrović, D.Panov:
DEKONTAMINACIJA JODA-131 U PRISUSTVU HEMIJSKI AKTIVNIH GASOVA-HLORA 503

82. V.Joksimović:
UTICAJ VELIČINE OZRAČENOG POLJA NA TAČNOST MERENJA SLABLJENJA X-ZRAČENJA KROZ BARITNU BARIJERU 513

83. Dj.Ristić, S.Tiosavljević, P.Marković:
ODREDJIVANJE ZAŠTITNOG SVOJSTVA BARITNOG BETONA, GUSTINE 3,60 g/cm^3, ZA X ZRAČENJA DO 200 kV 517

84. Dj.Ristić, P.Marković:
METODA EKSPERIMENTALNOG ODREDJIVANJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA MATERIJALA KOJI SE KORISTE ZA ZAŠTITU OD X ZRAČENJA 529

85. M.Vukčević, M.Ninković:
NOVE VREDNOSTI SPECIFIČNIH GAMA KONSTANTI ZA NAJČEŠĆE KORIŠĆENE RADIOIZOTOPE 539

XI

RADOVI SA SAVETOVANJA O ORGANIZACIJI I METODAMA LIČNE DOZIMETRIJE

9 i 10.novembra 1978.god.

Novi Sad

Strana

1. Dr M.Prokić:

TERMOLUMINESCENTNA DOZIMETRIJA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI 3

2. M.Prokić:

ISKUSTVA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI POMOĆU TLD PROIZVEDENIH U IBK - VINČA ... 13

3. M.Prokić:

REZULTATI UPOREDNE DOZIMETRIJSKE KONTROLE POMOĆU TERMOLUMINESCENTNIH DOZIMETARA I FILM-DOZIMETARA 21

4. M.Mihailović, M.Ančik:

LIČNA DOZIMETRIJA U INSTITUTU "JOŽEF STEFAN" 26

5. T.O.Marshall:

THE NRPB AUTOMATED THERMOLUMINESCENT DOSEMETER AND DOSE RECORD KEEPING SYSTEM 29

6. T.O.Marchall:

TECHNICAL SPECIFICATION OF THE NRPB THERMOLUMINESCENT DOSEMETER USED FOR THE MEASUREMENT OF BODY DOSE AND SKIN DOSE 47

- DISKUSIJA 61

rinosa ukupnoj dozi od svakog radionuklida.

Putevi transporta i mogućnost izlaganja

Put radionuklida koji su napustili nuklearno postrojenje zavisi od fizičko-hemijskih osobina efluenata koji se izbacuju (tečni ili gasoviti) od medija u koji dospevaju (vazduh, voda, tle) i procesa u koje se uključuju.Fizički, hemijski i biološki procesi koji utiču na sudbinu izbačenog radionuklida u okolini su vrlo različiti. Dok jedni utiču na relativno smanjenje potencijalne opasnosti od radionuklida, uklanjanjem radionuklida iz nekog dela biosfere (jonska izmena, izotopsko razblaženje, depozicija u mulju), drugi dovode do rekoncentracije radionuklida (rastvaranje, raspad živih organizama, adsorpcija preko lišća i korena) što je naročito značajno ako se radionuklid uključuje u lanac ishrane.

Na sl. 1.dat je šematski prikaz puteva transporta i izlaganja za radionuklide koji napuštaju nuklearno postrojenje. Svaki od mogućih puteva transporta je potencijalni izvor eksternog ili internog ozračivanja.

Individualno primljena doza preko svakog od ovih puteva transporta varira i zavisi od godina starosti, načina ishrane i rekreacionih i drugih aktivnosti svakog pojedinca.

Ozračivanje gasovitim radioaktivnim efluentima

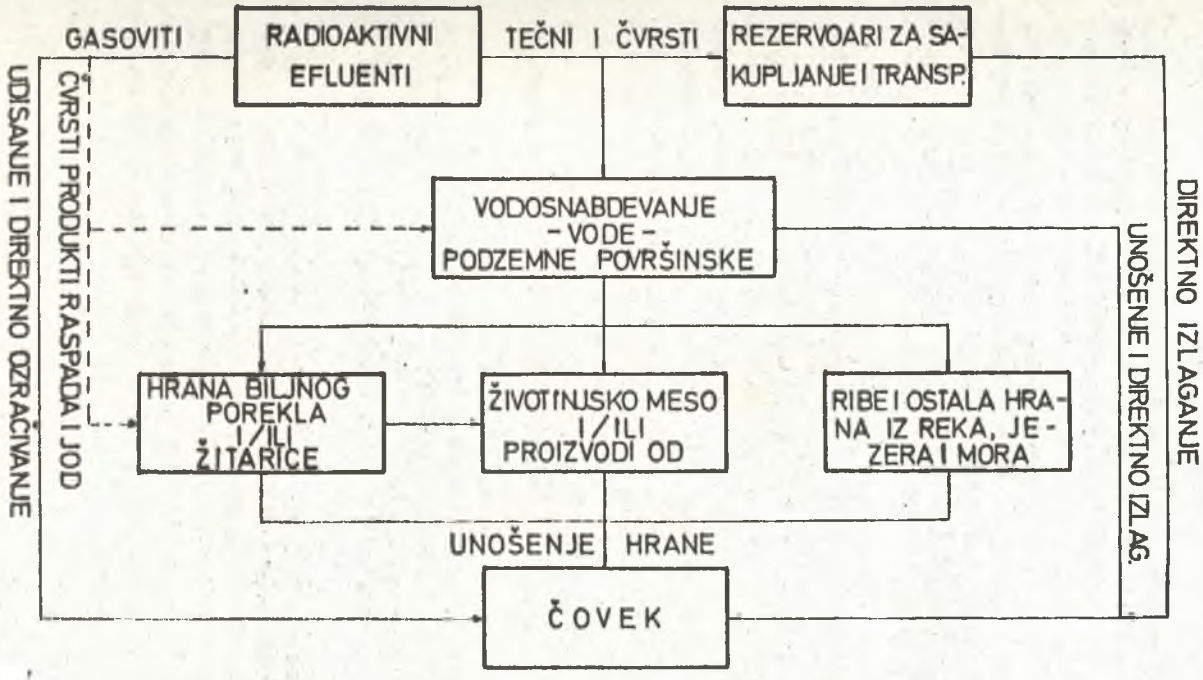
Doza koju stanovništvo primi od gasovitih radioaktivnih efluenata potiče od:

-direktnog ozračivanja;

- ozračivanja inhalacijom radioaktivnih aerosola i gasova;

-ozračivanja unošenjem hrane kontaminirane gasovitim radioaktivnim efluentima direktno ili posredno preko vode.

Za svaki tip nuklearnog reaktora poznat je sastav gasne smeše koja kod redovnog rada može da bude ispuštena u okolinu. Ovo se uzima u obzir kod proračuna mogućeg ozračivanja populacije.



SL.1. OPŠTA ŠEMA PUTEVA TRANSPORTA I IZLAGANJA ZA ČOVEKA

Inertni radioaktivni gasovi (izotopi ksenona i kriptona) doprinose u najvećoj meri direktnom ozračivanju. Inhalacija ovih gasova ne daje veliki doprinos ukupno primljenoj dozi, jer se ovi gasovi ne ugradjuju u znatnoj meri u čovečiji organizam. Kako inertni gasovi pri normalnim uslovima ne reaguju hemijski sa drugim materijama, ne postoji fizički osnov za njihov transport kroz lanac ishrane.

Najveća opasnost za okolinu od gasovitih radioaktivnih efluenata potiče od radioaktivnog joda J-131. Jod može da dospe u organizam i inhalacijom, ali najvažniji put transporta joda do čoveka je kroz lanac ishrane. Jod se iz gasovitog efluenta deponuje na travi, a odatle preko krave dospeva u mleko.

Konzumacija mleka dovodi do značajnijeg ozračivanja tiroide. Brzina transfera koja figuriše u modelu za procenu doze od J-131 zavisi od poznavanja specifičnosti lokacije u okolini nuklearne elektrane-stočnog fonda, načina ishrane krava, dnevne proizvodnje mleka, potrošnje mleka i mlečnih proizvoda, naseljenosti i starosne strukture stanovništva.

Ozračivanje tečnim radioaktivnim efluentima

Kod tečnih efluenata ima takodje nekoliko puteva preko kojih postoji rizik od ozračivanja populacije:

-ozračivanje unošenjem kontaminirane vode ili hrane;
- ozračivanje direktnim izlaganjem.

Unošenje kontaminirane vode ili hrane znatno više doprinosi primljenoj dozi nego direktno izlaganje.

Konzumacija vode predstavlja potencijalno značajan put izlaganja stanovništva dejstvu zračenja. Individualno primljena doza preko ovog puta izlaganja procenjuje se na osnovu standardnog modela koji u sebi sadrži i podatak o dnevnoj potrošnji vode.

Drugi, relativno značajni put izlaganja čoveka zračenju od kontamirane vode je korišćenje vodnih rezervoara-reke, jezera, mora, u rekreacione svrhe.

Hrana biljnog i životinjskog porekla koja bi posredno preko tečnih radioaktivnih efluenata mogla da bude kontaminirana, takodje je jedan od značajnih puteva izlaganja. Značajan pokazatelj u oceni mogućnosti izlaganja kroz lanac hrane je koncentracioni faktor, koji je definisan odnosom koncentracija odredjenog radionuklida u posmatranom materijalu i njegove koncentracije u mediju iz koga dospeva. Tako se dolazi do pojma kritičnog materijala koji može biti bilo koja komponenta ekosistema, biljka ili životinja, koja je kritična zbog svog visokog koncentracionog faktora za odredjeni radionuklid i svoje značajnosti u ishrani.

Iz lanca ishrane naročito su značajne doze koje mogu da budu primljene konzumiranjem riba iz kontaminiranih rezervoara. Ribe imaju visoke koncentracione faktore za izvesne radionuklide, kao što su Mn-54, Co-60 i nešto niže za Cs-134 i Cs-137.

Procena individualno primljene doze preko standardnog modela ovim lancem ishrane, pretpostavlja poznavanje zastupljenosti ribe u ishrani za dati region, kao i koncentracione faktore za odredjenu vrstu ribe i radionuklid.

Namirnice životinjskog porekla od domaćih životinja hranjenih kontraminiranom hranom i napajanih kontraminiranom vodom, mogu da dovedu do internog ozračivanja, najčešće usled prisustva Cs-137.

Mere sigurnosti i zaštite

Koji će od radionuklida biti efluentima ispušteni u okolinu nuklearne elektrane pod normalnim uslovima, zavisi od ugradjenih mera sigurnosti reaktorskog sistema i odredjen je vremenom zadržavanja u sistemu za ventilaciju i sistemima za odležavanje kao i efikasnošću filtara za zadržavanje radioaktivnih aerosola i joda.

Nivo aktivnosti tečnih efluenata značajno zavisi od odležavanja i metoda koje se koriste za tretman ovog otpada, čak mnogo više nego od tipa elektrana. Kod većine elektrana tipa BWR postoji godišnja granica za totalnu aktivnost koja preko tečnih efluenata može da bude izbačena u okolinu, pri čemu se kod većih količina tricijuma pitanje istog posebnog razmatra. Gasoviti efluenti koji napuštaju reaktorski sistem imaju sastav koji značajno zavisi od vremena zadržavanja u gasnim tankovima. Totalna aktivnost gasovitih efluenata može se smanjiti i propuštanjem gasne smeše kroz sisteme sa aktivnim ugljem, ali je presudnija uloga odležavanja i zadržavanja gasne smeše unutar reaktorskog ventilacionog sistema. Odležavanje može da doprinese smanjenju aktivnosti i za faktor 100, za sve inertne radioaktivne gasove, izuzev za dugoživeći Kr-185.

Critical radionuclides from nuclear power instalations

This paper considers the critical radionuclides, their transport pathways and the posibility of exposure from gaseous, liquid and solid radioaktive effluents relased by the nuclear power plant in the environment.

Literatura :

1. Monitoring of Radioactive Efluents from Nuclear Facilities, Proceedings Series, IAEA, Vienna, 1978.

2. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms and Ecosystems
Technical Reports Series No.172 IAEA, Vienna, 1976.

3. Final Enviranmental Statement
Docket Nos 50-438 and 50-439
US AEC, 1974

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979. godine

T. Tasovac, M.Zarić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"
Laboratorija za zaštitu od zračenja

RADIJACIONI UTICAJ UNUKLEARNIH POSTROJENJA NA OKOLINU

Rezime
Razmatrana su pitanja radijacionog uticaja nuklearnih postrojenja posebno nuklearno energetskih postrojenja na okolinu i medjuzavisnost karakteristika postrojenja i karakteristika okoline. Obzirom na brojnost paramatera kojima su definisane tehnološke karakteristike i uslovi rada nuklearnih postrojenja, i karakteristike okoline, naglašena je aproksimativnost teorijskih predvidjanja radijacionog uticaja postrojenja i ukazano na potrebu analize eksperimentalno proverenih parametara.

Lociranje industrijskih i energetskih postrojenja uopšte a posebno nuklearnih energetskih postrojenja, podrazumevajući pre svega nuklearne elektrane, pretstavlja izvanredno složen problem zbog uzajamnih zavisnosti koje postoje izmedju tehnoloških karakteristika postrojenja, karakateristika bliže i dalje okoline navedenih postrojenja i mogućih raznorodnih uticaja izgradnje rada postrojenja kako na oblast u kojoj su ista locirana i tako na šira geografska područja. Neadekvatna rešenja pri traženju otimalnih odnosa izmedju odredjene lokacije i tehnoloških karakteristika i uslova rada postrojenja, imaju značajne ekonomske posledice kako u toku investicionog ulaganja, tj. izgradnje postrojenja i neophodne infrastrukture, tako i u toku same eksploatacije.

Specifičnosti lociranja nuklearnih postrojenja a posebno nuklearnih energetskih postrojenja proizilaze iz činjenice da kao rezultat rada nuklearnih postrojenja, bez obzira na visok stepen tz. ugradjenje sigurnosti tj. niz specifičnih tehničkih mera, kao posledica rada ovih postrojenja u životnu sredinu dospevaju izvesne količine radioaktivnih materijala pri čemu štetni efekti koji nastaju odnosno mogu da nastanu usled prisustva radionuklida u biosferi nisu ograničeni samo na uska područja, tj. neposrednu blizinu nuklearnih postrojenja. Zbog specifičnosti osobina radioaktivnih nuklida u odnosu na druge neradioaktivne polutante tj. nemogućnosti uništenja njihovih radioaktivnih osobina, i zbog dugih vremena poluraspada radioaktivnih nuklida i mnogobrojnih puteva transporta, moguće je da radioaktivni nuklidi poreklom iz nuklearnih postrojenja, dospeju i u udaljena područja i koncentrišu u pojedinim delovima sistema, te svojim prisustvom ugroze okolinu. Pošto bi potpunije izdvajanje radionuklida koji bivaju upuštani u životnu sredinu zahtevalo složena tehnološka rešenja tj. znatno bi uticalo na investicione troškove i troškove pogona, te bi u mnogim slučajevima ovakvo ostvarenje apsolutne sigurnosti bilo ekonomski neodrživo, od primarnog je značaja da se na osnovu analize mogućih radijacionih uticaja na okolinu kako u normalnom pogonu tako i u akcidentalnim uslovima usvoje takva tehnološka rešenja u nuklearnim postrojenjima, pri kojima će, usvajajući odredjen prihvatljivi stepen rizika ozračivanja, definisan dozvoljivom dozom za odredjenu populacionu grupu, biti u potrebnoj meri uravnotežen odnos izmedju koristi koja se dobiva izgradnjom nuklearnog postrojenja i štetnih efekata koji postrojenje ima na okolinu, tj. da koristi koji se dobivaju izgradnjom nuklearnog postrojenja nadmaše moguće štetne efekte.

Radijacioni uticaj nuklearnog postrojenja na okolinu može u osnovi da bude dvojak i to:

- direktan uticaj na neposrednu okolinu nuklearnog postrojenja kao posledica neutronskog i gama zračenja generasanih u samom nuklearnom objektu i

- indirektan uticaj na bližu i dalju okolinu nuklearnog postro-

jenja kao posledica prisustva radioaktivnih nuklida u životnoj sredini nastalog njihovim ispuštanjem iz nuklearnih postrojenja i procesa njihovog transporta kroz ekosisteme te koncentrisanje u pojedinim delovima istih.

Direktan uticaj neutronskog i gama zračenja, generisanih a samom nuklearnom objektu, na neposrednu okolinu, obzirom na ugradjeni sistem zaštitnih mera, u uslovima normalnog pogona ne postoji, i moguć je samo u izvanrednim tj. akcidentalnim situacijama.

Indirektan radijacioni uticaj nuklearnog postrojenja na bližu i dalju okolinu nuklearnog postrojenja usled prisustva radioaktivnih nuklida u životnoj sredini nastalih njihovim ispuštanjem iz postrojenja kako u normalnom pogonu tako i u akcidentalnim slučajevima je znatno složeniji, vremenski može da bude znatno duži, a prostorno, obzirom na procese transporta radionuklida kroz atmosferu, hidrosferu i ekološke sisteme, ovaj uticaj je znatno širi, tj. štetni efekti mogu da se manifestuju u širim geografskim područjima.

Očigledno je da je ovaj indirektan radijacioni uticaj rada nuklearnog postrojenja na okolinu obzirom na moguće efekte, bitan pri razmatranju mogućnosti lociranja nuklearnog postrojenja u odredjenom regionu i pri uslovljavanju tehnoloških karakteristika samog postrojenja. Stepen radijacionog uticaja na okolinu može da bude pretstavljen složenom višeparametarskom funkcijom čiji pojedini parametri su karakteristike postrojenja, karakteristike radionuklida tj. karakteristike efluenata koji bivaju ubačeni u okolinu i karakteristike okoline tj. sistema i podsistema kroz koje radionuklidi bivaju transportovani na pr. karakteristike tzv. primarne okoline (prizemni slojeviatmosfere, rečni sistemi) i sekundarne okoline (terestrijalni ekosistemi-biljke i životinje).

Stepen mogućeg radijacionog uticaja na samog čoveka odnosno odredjenu populacionu grupu može da bude pretstavljen još složenijom višeparametarskom funkcijom u kojoj su novi specifični parametri oni kojima je definisan način korišćenja okoline na

pr. način korišćenja voda (vode za piće, irigacioni sistemi i sl.) način ishrane (vrste i količine hrane i sl.) način korišćenja zemljišta (poljoprivreda, industrija) i sl.

Mogući radijacioni uticaj radionuklida koji dospevaju u bližu i dalju okolinu nuklearnih postrojenja je dvojak i manifestuje se direktnim eksternim ozračivanjem i ozračivanjem usled unošenja radioaktivnog materijala u organizam. Stepen mogućih oštećenja uslovlje ne ukupnom energijom i prirodom zračenja kojoj je izloženo tkivo u toku jednog odredjeno vremenskog perioda i manifestuje se ili isključivo na ozračenoj jedinki (somatski efekti) ili su oštećenja takvog karaktera da se manifestuju i u sledećim generacijama (genetski efekti).

Obzirom na postojanje uzajamne zavisnosti izmedju karakteristika nuklearnog postrojenja, karakteristika okoline, načina korišćenja okoline nuklearnih postrojenja i radijacionog uticaja na okolinu i specifične populacione grupe, usvajanjem odredjenog prihvatljivog stepena rizika ozračivanja definisanog dozvoljivom dozom za odredjenu populacionu grupu, uslovljen je i "radijacioni kapacitet" odredjenog geografskog područja tj. maksimalne količine pojedinih radionuklida koji bi smele da budu izbačene u okolinu nuklearnih postrojenja. Tehnološke karaktelristike nuklearnih postrojenja koje treba da pruže optimalni stepen racijacione sigurnosti uslovljene su "radijacionim kapacitetom okoline, te je za projektovanje tehnoloških karakteristika postrojenja sa potrebnim stepenom radijacione sigurnosti, neophodno poznavanje svih gore navedenih karakteristika okoline i načina njenog korišćenja, odnosno uskladjivanje tehnoloških karakteristika nuklearnog postrojenja za "radijacioni kapacitetom" okoline.

Imajući u vidu brojnost parametara kojima se definisane tehnološke karakteristike odredjenog tipa nuklearnog postrojenja, brojnost i vremensku i prostornu varijabilnost parametara okoline i načine korišćenja iste, očigledno je da kvantitativno definisanje odnosno predvidjanje radijacionog uticaja na okolinu tj. ekosistem u celini ili na pojedine komponente tog siste-

ma, uključujući i ljudsku populaciju, prestavlja veoma složen zadatak, te su sva predvidjanja o mogućem uticaju nuklearnog postrojenja, koja se vrše analizama sigurnosti za odredjeno nuklearno postrojenje samo aproksimativnog karaktera. Iako aprosimaktivnog karaktera, predvidjanja mogućeg uticaja nuklearnog postrojenja na okolinu su od izvanrednog značaja jer pretpostavljaju osnovu za stvaranje adekvatnog sistema kontrole u samoj okolini i izbor neophodnih metoda i tehnika merenja radionuklida odnosno nivoa zračenja u neposrednoj i daljoj okolini nuklearnog postrojenja.

Stvaran radijacioni uticaj nuklearnog postrojenja na okolinu posebno u slučajevima akcidenata, može da bude utvrdjen samo na osnovu direktnih merenja radijacionih karakteristika sredine i vrednosti drugih značajnih parametara okoline koje su karakteristične za odredjeni vremenski period, a neophodne su za proračun doza.

Abstract

Radiation effect of nuclear plants on the environment.
The interdependance of "inherent safety" of nuclear plants and environmental characteristics are discused. Having in mind the numeronsnees of parameters defing technological and variability of environmental parameteres, the theoretical predictions of radition impact have eproximative characters and have to be verified by analysing experimantaly checked and verified parameters.

Literature

1. Organization of Regulatory activities for Nuclear Reactors: Technical Reports Series No 153 IAEA, Vienna, 1974.

2. Licensing and Regulatory Control of Nuclear Instalations Legal Series No 10 IAEA, Vienna 1975.

3. Impact of Nuclear Releases into the aquatic Environment Proceedings of a Symphosium, Otari mi IAEA, Vienna 1975.

4. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms and Ecosystems
Technical Reports Series No 172 IAEA, Vienna, 1976.

5. Handling of Radiation accidents
Proccedings of a Symposium Vienna IAEA, Vienna 1977.

6. Monitoning of Radioactive Effluents from Nuclear Instalations
Proccedings of a Symposium, Portorož, IAEA, Vienna 1978

7. Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants
Safety Series No 50-C-QA IAEA, Vienna 1978.

8. Design for Safety of Nuclear Power Plants
Safety Series No 50-C-D IAEA, Vienna 1978.

9. Safety in Nuclear Power Plant Operation including Commissioning and Decommissioning
Safety Series No 50-C-O, IAEA, 1978.

10. Safety in Nuclear Power Plant Siting
Safety Series No 50-C-S, Vienna, 1978.

11. Information to be Submited in Support of Licensing Applications for Nuclear Power Plants
Safety Series No 50-SG-G2, Vienna, 1979.

Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac,
29, 3o, 31.V. i 1.VI.1979.

M. Mihailović, M. Čopič

Institut Jožef Stefan - Univerza E.Kardelja, Ljubljana

PREDPOGONSKA MERENJA RADIOAKTIVNOSTI OKOLINE JE KRŠKO - NAŠA ISKUSTVA I ZAKLJUCCI DO KOJIH SMO DOŠLI.

Abstrakt

Merenja radioaktivnosti okoline JE Krško su prva merenja takve vrste u našoj zemlji. U sledečem smo izneli uslove pod kojima su merenja početa, kako su izvođena, zašto su u toku vremena menjana i na kraju dajemo zaključak sa predlozima kako da izbegnemo teškoče koje smo mi imali.

Uvod

Program merenja radioaktivnosti u okolini nuklearne centrale u predpogonskom periodu je u opštim crtama sadržan u preporukama Međunarodne Agencije za Atomsku energiju (Saf.Ser.No 41). Nešto podrobnije su programi obrađeni u nacionalnim propisima, preporukama ili programima raznih zemalja koje već raspolažu nuklearnim objektima.

U sledečem čemo izneti preporuke sadržane u publikaciji IAEA Saf.Ser.41, te informacije koje nam stoje na raspoloženju iz nacionalnih programa Engleske, Zap. Nemačke i Austrije a koji se odnose na predpogonska merenja radioaktivnosti. Po preporukama IAEA (citat) predpogonska ispitivanja okoline potrebna za određivanje doza od planiranih ispuštanja te za određivanje granica i uslova za ispuštanje radioaktivnih izotopa iz nekog postrojenja uključuju sledeča ispitivanja:

na osnovu preporuka postojećih međunarodnih organizacija i nekih nacionalnih programa država koje su već imale nuklearne centrale. U toku izvođenja merenja program su više puta menjali.

U sledečem čemo opisati rezultate merenja i oceniti ih sa stanovišta opravdanosti i tačnosti merenja te reprezentativnosti uzimanja uzorka. Na kraju čemo dati zaključak sa predlozima kako da izbegnemo teškoče koje smo imali.

1. Istraživanja koja smo vršili

U okviru programa predpogonskih merenja radioaktivnosti okoline merili smo radioaktivnost površinskih i podzemnih voda, blata, sedimenata, flore i faune reke Save. Zatim radioaktivnost trave, poljoprivrednih proizvoda, mleka, jaja i mesa te prirodni fon u okolini elektrane. Pored merenja radioaktivnosti određivali smo koncentraciske faktore za floru, faunu i sedimente reke Save, ispitivan je ekosistem Save, t.j. sastav bioceneze na lokacijama iznad-ispod elektrane. U okviru studije "Uticaj konvencionalnih zagađivača na transport radionuklida u reki Savi" smo ispitivali humusne kiseline iz sedimenata, ispitivanja mokračne kiseline te sorpciju Cs-137 na sedimentu. Merena je radioaktivnost vazduha i padavina, izvršena su hidrogeološka ispitivanja i meteorološka ispitivanja. Odredili smo doze na stanovništvo u okolini elektrane. (To su informacije kojima raspolažem).
Ako uporedimo sadržinu preporuka Međunarodne Agencije o predpogonskim merenjima, vidimo da smo u dosadašnjim programima istraživanja i merenja obuhvatili sve tačke programa Agencije koje smo naveli u uvodu osim tačke e) i j).

2. Komentari na izvršena merenja

U zaključcima i komentarima o dosadašnjem programu predpogonskih merenja zadržačemo se na merenjima radioaktivnosti okoline.

Pre no što pređemo na ocenu dosadašnjih merenja obrazložičemo zašto smo izabrali ranije spomenute kriterije pri oceni našeg programa.

U početku smo rekli, da je glavni cilj programa određivanje doza, te granica i uslova za ispuštanje radioaktivnih nuklida. Rezultati koje smo dobili, po svojoj nameni treba da služe ili za direktno izračunavanje doze ili kao podatci o referenčnim nivojima prirodne i veštačke radioaktivnosti u različitim medijima u okolini pre početka rada elektrane. Znači kao prvi kriterij postavljamo opravdanost svakog pojedinog merenja za prvu ili drugu namenu. Znamo, da su merene aktivnosti veštačkih radionuklida, koje nas najviše zanimaju, u uzorcima iz okoline, a posebno u vodama, veoma male, (u velikom broju primera na granici detekcije). Ako želimo da rezultate merenja upotrebimo kao podatke za referenčne nivoje aktivnosti u nekom mediju, te da kasnije pratimo promene aktivnosti, moramo znati granice tačnosti rezultata merenja. Isto važi i za rezultate merenja namenjene izračunavanju doze. Znači svaki rezultat mora biti dat sa izračunatom greškom (sa kakvom pouzdanošču je izračunata greška je stvar dogovora). Drugi kriterij je dakle tačnost rezultata merenja.

Za izračunavanje doza kao i za praćenje promena aktivnosti u različitim uzorcima u okolini moramo imati rezultate merenja aktivnosti karakterističnih medija sa kritičkih sakupljačkih mesta. Naprimer zanima nas koncentracioni faktor za ribe koje služe kao hrana a ne za sve ribe koje žive u Savi. (Osim ako ne želimo da ispitivanjem celokupne populacije nađemo indikatorski organizam). Ili drugi primer u ispitivanju podzemnih voda, posebno nas zanimaju područja koja se snabdevaju vodom iz reke u koju se ispuštaju radioaktivni efluenti. Tako smo za treći kriterij uzeli reprezentativnost uzorka u smislu upotrebljivosti.

Najzad da ponovimo, pri oceni našeg programa predpogonskih merenja gledali smo do koje mere su merenja radioaktivnosti opravdana, tačna i reprezentativna. Analizu ćemo početi sa grupom merenja koja treba da služe kao referenčni nivoji radioaktivnosti u različitim medijima u okolini. U ovu grupu spadaju rezultati nespecifičnih merenja beta i alfa aktivnosti površinskih i podzemnih voda i rezultati specifičnih merenja voda, rezultati nespecifičnih merenja beta aktivnosti i specifi-

čnih merenja sedimenta, bentosa i obraštaja u Savi te nespecifična i specifična merenja zemlje.
Nespecifična merenja vode i sestona reke Save vršimo od 1974 godine. Merenja delimično zadovoljavaju jer su opravdana i reprezentativna. Do 1977 nisu zadovoljavali drugi kriterij, rezultat nije bio dat sa granicama greške. Specifična merenja gama emitera u vodi na način kako su vršena do 1977 godine nisu zadovoljavala ni jedan kriterij. To je bila posledica neadekvatne metodologije merenja. Male aktivnosti gama emitera nisu mogle biti određene sa uzorkom od 10 l vode i gamaspektrometrijom z NaJ(Tl) detektorom. Od 1977 godine specifično merenje gama emitera, zatim tritija, te radiokemisko određivanje Sr-90 zadovoljavaju sva tri kriterija. Za rezultate merenja podzemnih voda važi isto kao za vode Save, sa dodatkom da su neadekvatna merenja gama emitera imala za posledicu da smo tek u 1977 godini, pomoću gamaspektroskopije sa poluprovodničkim GeLi detektorom otkrili merljive aktivnosti Cs-137 u svim uzorcima podzemnih voda.

Rezultate nespecifičnih merenja sedimenta, bentosa i obraštaja u Savi u većini rezultata zadovoljavaju sva tri kriterija. Specifična merenja gama emitera smo počeli u 1978 godini i rezultati zadovoljavaju sva tri kriterija. Smatram da su vršeni u premalom opsegu. Nespecifična merenja zemlje su vršena nesistematski i premalo. Specifična merenja radioaktivnosti zemlje su dala samo kvantitativne rezultate. Rezultati ne zadovoljavaju nijedan kriterij. Sistematska specifična merenja su planirana za 1979 godinu.

Merenja koja ćemo sada razmatrati služe kao referenčni nivoji aktivnosti, a mogu da posluže za indikaciju kritičnih puteva kao i za izračunavanje doza od veštačkih nuklida iz padavina, t.j. doza kojom je stanovništvo već opterećeno pre početka rada elektrane. Ovo izračunavanje doza nije u programima predpogonskih merenja radioaktivnosti.

U ovu grupu spadaju rezultati nespecifičnih i specifičnih merenja aktivnosti u poljoprivrednim proizvodima, mesu, mleku, jajima, pitnoj vodi, padavinama i zračnim filtrima. Rezultati nespecifičnih merenja u hrani su uglavnom opravdani i repre-

zentativni. Upotreba reči "uglavnom" dolazi zbog toga što merenja nisu vršena sistematski, već su u nekim periodima iz programa ispuštene lokacije baš na sakupljačkim mestima koja su u smeru najčešćeg smera vetra. Izračunavanje greške se vrši u toku zadnje dve godine. Specifična merenja hrane se vrše od 1977 godine i zadovoljavaju sva tri kriterija. Rezultati nespecifičnih merenja radioaktivnosti vazduha i padavina su do 1977 bili dani bez izračunate greške. Rezultati specifičnih merenja padavina su do 1977 bila vršena na gama spektrometru sa NaJ(Tl) detektorom, z 500 kanalnim analizatorom. Rezultati su neupotrebljivi. U zadnje dve godine s poboljšanom metodologijom na istom mernom sistemu dobijamo kvantitativne rezultate aktivnosti onih radionuklida koji se pri datoj lošljivosti mogu identificirati.

Osim dosad spomenutih imamo i rezultate merenja koji nam daju koncentraciske faktore za floru i faunu reke Save. Oni će nam poslužiti za izračunavanje doze od ingestije riba iz Save.

Pored merenja radioaktivnosti okoline"procenjena je maksimalna potencijalna doza zračenja za stanovništvo ili za pojedinca. Izračunata doza po glavi u godini 2011 za stanovnike unutar 80 km od elektrane je 3.6×10^{-4} mrem/god za celo telo i 2.1×10^{-3} mrem/god za štitnjaču. Potencijalna maksimalna izloženost pojedinca plinovitim ispuštanjima izračunato je da iznosi 3.6 mrem/god za celo telo, i 40,6 mrem/god za štitnjaču. Za plinovito ispuštanje meteorološki podatci uključuju porast za faktor pet zbog nekompletnih podataka i visokog postotka tišine. Doze usled tekućih ispuštanja su od 0,11 mrem/god za jetru i 0,078 mrem/god za celo telo i 0,078 mrem/god za štitnjaču." Citat iz W.E.YOYCE i M. KANDUČ: "Radiološki utjecaj na okolinu usled ispuštanja NE Krško u pogonu".(2)

Deo programa koji smo dosad ispustili odnosi se na program određivanje kritičnog puta i kritičke grupe. S obzirom da su ti podatci neophodni za određivanje "derived limits" za tekuće i plinske efluente smatramo da taj program zahteva prioritet u daljem programu.

Pregled rezultata dosadašnjih merenja dačemo u prilogu "Dosadašnji rezultati merenja radioaktivnosti okoline".

Zaključci

Najzad, na kraju izlaganja, da se upitamo zašto pored zadovoljavajučih rezultata ima i nezadovoljavajučih, t.j. neupotrebljivih. S obzirom da svi znamo da merenja radioaktivnosti zahtevaju ogromna stručna i materijalna sredstva moramo se potruditi da prvo: što pre dođemo do propisa koji će obuhvatiti celokupnu problematiku nuklearnih objekata u predpogonskom i pogonskom periodu. U vezi s tim želimo posebno da naglasimo, da se kao drugo: u što kračem vremenu moraju koordinirati programi merenja radioaktivnosti okoline po nacionalnom programu te programi koje vrši investitor, za oba perioda. I kao treče: iskustva iz zadnjih dana koja su se desila u Americi pokazuju, da sistematsko razrađeni programi merenja i unapred predviđeni postupci u svim predvidljivim situacijama u mnogome pomažu hitnim i efikasnim intervencijama.

Abstract

Pre-operational environmental monitoring near nuclear power plant Krško is the first of this kind in one country. In the following we shall describe the conditions under which they started, the way it was performed, why it was changed during since the start, and finally we give the conclusion with proposal how to avoid the difficulties we have experienced.

Bibliografija

1. IAEA, Saf.Ser. 41. - 1975,
2. W.E. Boyce, M.Kanduč, Radiološki uticaj na okolinu usled ispuštanja NE Krško

Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac,
29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

M. Mihailović, D. Brajnik, V. Miklavžič, I. Kobal,
D. Zavrtanik, I. Lulič, K. Južnič, S. Jerančič

Institut Jožef Stefan
Univerza E. Kardelja
Ljubljana

Institut R. Bošković
Zagreb

REZULTATI MERENJA RADIOAKTIVNOSTI OKOLINE JE KRŠKO

Abstrakt

Dosadašnja merenja radioaktivnosti okoline JEK se sastoje preko tri hiljade nespecifičnih i specifičnih merenja radioaktivnosti. Izneti su neki karakteristični rezultati merenja beta aktivnosti vode, sestona, sedimenta, flore i faune reke Save, zatim rezultati specifičnih merenja radionuklida Cs-137 i Sr-90 pomoću gama spektrometrije i radiokemiske separacije i sorpcisko emanaciske metode merenja Ra-226. Zaključci se odnose na efikasnost i opravdanost dosadašnjeg programa merenja, kvalitet rezultata merenja i na sugestije kako da se ubuduće izbegnu teškoče u sličnim programima.

Uvod

Sistematska merenja radioaktivnosti okoline JEK započeta su 1974 godine. (Pre 1974 vršena su sistematska hidrogeološka i neka druga istraživanja, i u manjoj meri merenja radioaktivnosti). Izvođači merenja su bili Institut R. Bošković, Zavod za varstvo pri delu i Institut Jožef Stefan. Obim radova je približno podjednako razdeljen. Uzorci su uzimani na približno 30 sakupljačkih mesta u okolini JEK. Merena je radioaktivnost površinskih i pod-

zemnih voda, flore i faune reke Save, sestona, sedimenata, poljoprivrednih proizvoda, mleka, jaja, mesa, zatim vazduha i padavina. Ukupno je napravljeno oko 300 gamaspektroskopskih analiza, radiokemiskih analiza Sr-90 i Cs-137, te tritija i oko 3000 nespecifičnih beta analiza.

U sledečem čemo dati rezultate nekih merenja celokupne beta aktivnosti, gama spektroskopske analize, radiokemiskog određivanja Sr-90 i Cs-137, zatim sorpcisko emanaciske metode Ra-226, i najzad zaključke i komentar o još nerešenim problemima koji su u vezi merenja radioaktivnosti okoline u predpogonskom periodu.

1. Rezultati i analiza

a) Beta aktivnost vode, sestona, sedimenta, flore i faune reke Save

Od 1974 godine vrše se sedmodnevna merenja beta aktivnosti vode i sestona reke Save kod Podgorice i Krškog, a od 1976 godine kod Vrbovog i u Podsusedu. Dnevna sakupljanja i merenja celokupne beta aktivnosti vode vrše se kod Brežica. Srednja godišnja vrednost rezultata merenja beta aktivnosti vode kod Podgorice od 1974 do 1978 su bile 1,5 pCi/l, 1,7 pCi/l, 1,7 pCi/l, 1,8 pCi/l, 1,6 pCi/l. Iste vrednosti za Krško su 2,3 pCi/l, 2,2 pCi/l, 2,6 pCi/l, 2,1 pCi/l i 2,1 pCi/l. Vrednosti u 1976 godini su za Vrbovo 1,9 pCi/l i za Podsused 1,6 pCi/l. Srednje godišnje vrednosti za beta aktivnost sestona za Podgoricu za isti vremenski interval su bile 0,7 pCi/l, 1,1 pCi/l, 0,9 pCi/l, 0,9 pCi/l, 0,8 pCi/l. Iste vrednosti za Krško su 2,6 pCi/l, 3,8 pCi/l, 2,2 pCi/l, 2,2 pCi/l, 1 pCi/l. Za Podsused i Vrbovo nemamo podataka o sestonu.

Iz gornjih rezultata vidimo da su se srednje godišnje vrednosti za vodu pri Krškem ustalile na 2,1 pCi/l, za seston su se smanjile u odnosu na pređašnje godine. Iste tendencije se vide i kod Podgorice.

Merenja beta aktivnosti uzoraka podzemnih voda u osam izvora, bunara i vodovoda JEK, u vremenu od 1973 do 1978 na području JEK su pokazala da srednje vrednosti višegodišnjih merenja za pojedino sakupljačko mesto varira od 1,5 pCi/l (13 merenja u izvoru Stara Vas) do 4,3 pCi/l (7 merenja kod bunara Vrbina 3). Pri jednom istom sakupljačkom mestu beta aktivnost vode može da varira od jednog do drugog merenja od deset do osamdeset procenata.
Pored izvora, bunara i vodovoda merili smo beta aktivnost vode iz 4 bušotina sa leve i desne strane Save u radijusu 5 km od JEK. Iz dosadašnjih rezultata se da videti da su srednje beta aktivnosti u bušotinama nešto veče od srednjih beta aktivnosti u izvorima, bunarima i vodovodu JEK.

U analizi rezultata merenja celokupne beta aktivnosti i uporednog određivanja K-40 u biljnim i životinskim uzorcima, u sedimentu i sestonu vode Save, došli smo do sledečih zaključaka:

1. Odnos celokupne beta aktivnosti prema aktivnosti od K-40 nije jednaka za sve medije, tako je aktivnost K-40 relativno najmanja kod sedimenta a najviša u vodi.
2. Odnos beta aktivnosti prema aktivnosti od K-40 za isti medij a različite lokacije nije jednak, osim za vodu.
3. Sezonske promene beta aktivnosti i aktivnosti K-40 idu za večinu medija paralelno. To je više izraženo kod lokacije Medsave nego za Vrbovo. Izgleda da vode imaju povremeno dodatne izvore beta aktivnosti koji se večoj ili manjoj meri vežu na seston, sediment, obraštaj ili bentos. Vrbovo se nalazi po ulivanju kanalizacije iz Zagreba.

U želji da ustanovimo da li postoje ustaljeni odnosi aktivnosti između pojedinih biljnih i životinjskih uzoraka i vode na isti lokaciji, ustanovili smo da za večinu lokacija u intervalu 1973-1976 stabilni odnosi ne postoje. Ali smo dobili iznenađujuči rezultat za lokaciju "Most Mladosti". Odnosi beta aktivnosti za bentos/voda, obraštaj/voda, sediment/voda i seston/voda su skoro identični za 1973 i 1974 godinu. Pored

toga dobili smo stalne odnose beta aktivnosti za bentos/vodu, obraštaj/vodu za lokaciju Podsused u 1975 i 1976 godini. Iz dosadašnjeg prikaza vidimo, da nam srednje vrednosti rezultata merenja beta aktivnosti voda služe za kontrolu promene nivoja aktivnosti, odnosno kao referenčni nivoji za upoređivanje u kasnijem periodu.

Beta analiza biljnih, životinjskih vrsta, sedimenta i sestona vode Save pokazuje nam, da na nekim mestima postoje ravnotežna stanja koja se ne menjaju iz godine u godinu, ali to je uglavnom izuzetak. Postoje spoljašnji faktori koji tu ravnotežu ruše.

b) Specifična merenja aktivnosti

Sistematska gama izotopska merenja aktivnosti voda Save i podzemnih voda, biljnih i bioloških uzoraka i sedimenta započela su u 1977 godini. Rezultati gama spektrometriske analize vode reke Save prikazani su u drugom prilogu (D.Brajnik i drugi) te ću ih ovde izostaviti. Gama spektrometriski rezultati analiza podzemnih voda su pokazali da je Cs-137 prisutan u većini uzoraka. Aktivnost Cs-137 se kreče od 0,010±0,005 pCi/l (bunar Stari grad) do 0,20±0,04 pCi/l (bunar Vrbina 3). U bušotinama se aktivnost Cs-137 kreče od 0,010±0,010 pCi/l (V2) do 0,070±0,014 pCi/l (V10).
U uzorku sedimenta reke Save smo dobili Cs-137 0,30±0,08 pCi/g u uzorku algi 0,27±0,13 pCi/g, u uzorku riba (bez kostiju) 0,07±0,03 pCi/g.

U vezi merenja aktivnosti različitih uzoraka postoji veoma bitan problem pripreme uzoraka za merenje. Uzorci svih gore citiranih merenja pripremljeni su tako, da su u krajnjoj fazi bili prežareni na 400°C. Međutim, mi smo u toku zadnje godine uporedo ispitivali metode pripreme uzoraka za različita merenja radioaktivnosti. Tako smo uzorke vode za gama spektroskopsku analizu pripremali tako, da smo vodu najpre isparili i nato ostatak prežarili na 400°C. Uporedno smo od istog uzorka vode jedan deo pustili preko ionskog izmenjivača.

Zatim, biološke uzorke smo prvo pripremili tako, da smo ih sušili u vakumu i jedan uzorak izmerili u takvom obliku, drugi uzorak smo još žarili na 400°C. Ovde nismo u mogučnosti da diskutujemo sve rezultate. Zaključak bi ukratko bio: u večini slučajeva smo dodatnim žarenjem na 400°C izgubili nešto Cs-137. Taj gubitak može da ide od faktora dva do nekoliko procenata. Merenja ove vrste se nastavljaju.

Radiokemiskom separacijom i merenjem aktivnosti vode Save i podzemnih voda određivali smo Sr-90 i Cs-137. Dosadašnji rezultati merenja u Savi i podzemnim vodama pokazuju da je aktivnost Sr-90 u svim uzorcima koje smo merili u granicama od 0,05 pCi/l do 0,20 pCi/l. Zanimljiva je činjenica da smo u bušotinama oko JEK na levoj obali našli više Cs-137 nego na desnoj, a obratno važi za Sr-90.
Prisutnost Ra-226 smo ustanovili u svim uzorcima vode Save i u uzorcima podzemnih voda iz bunara, izvora i bušotina. Ra-226 smo određivali pomoču sorpcisko emanaciske analize i pomoču gama spektrometrije. Neke uzorke smo pripremili i merili uporedno na oba načina. Koncentracija Ra-226 u podzemnim vodama se kreče od 0,027 pCi/l (vodovod JEK) do 1,08 pCi/l (izvor Libna). Srednja godišnja koncentracija Ra-226 u Savi je bila 0,75 pCi/l (četiri uzorka).

2. Zaključak

Zaključak i primedbe koje čemo izneti mislimo da su do neke mere mogle da se očekuju u prvim iskustvima ove vrste. Želja nam je, da se u budučim programima naše teškoče ne ponove. U daljem čemo se prvo zadržati na primedbama na dosadašnji program i zatim navesti probleme koji su u vezi sa ovom problematikom i koji su od interesa za celu našu zajednicu.

Primedbe i sugestije u vezi dosadašnjeg programa merenja radioaktivnosti okoline JEK:

1. Program merenja radioaktivnosti okoline je u prvom periodu bio premalo usmeren na pojedine specifične ciljeve:

X Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29., 30., 31.V i 1.VI 1979.

V. Kubelka, K. Kvastek
Centar za istraživanje mora, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

REZULTATI DOBIVENI VODOISTRAŽNIM RADOVIMA U KRŠU KOJE BI TREBALO UZETI U OBZIR KOD ODREDJIVANJA LOKACIJA NUKLEARNIH ELEKTRANA

Na osnovu trasiranja podzemne vode u krškim terenima pomoću tricija i analiza mikrokonstituenata u vodi dobivena su nova saznanja o načinu kretanja, pravcima i mogućnostima zagadjenja podzemne vode. Isto tako, kvantitativno su odredjene količine vode koje se nalaze u podzemlju pojedinih područja. Dobiveni podaci korišteni su i za odredjivanje bilanse vodotoka i zaštitnog područja. Ova istraživanja predstavljaju znatan doprinos kompletnijem rješavanju problema kod provodjenja kompleksnih radova u svrhu definiranja zaštitnog područja i eksploatacionih mogućnosti pojedinih izvora. Ona su takodjer neophodna i radi toga što se neki podaci, koji su bitni za odredjivanje lokacije nuklearne elektrane i nekih drugih većih industrijskih objekata, ne mogu dobiti do sada primjenjenim metodama ili trasiranjem pomoću drugih trasera.

UVOD

Zagadjenje iz pojedinih objekata može se prenjeti do krških izvora ne samo površinskim i podzemnih tokovima, već i preko atmosfere. Zagadjivači nošeni zračnim strujama padali bi s oborinama na krško područje, odakle bi se infiltrirali u podzemlje. Dalje kretanje zagadjivača uvjetovano je podzemnom hidrografijom krša, karakteriziranom kanalima i špiljama raznih veličina i oblika koji se spajaju i razdvajaju ili su medjusobno neovisni a mogu se nalazati na raznim razinama. Osim toga krški izvori se znatnim dijelom prihranjuju oborinskim vodama, koje prilikom pada na području fliša površinskim tokovima dolaze u kontakt s karbonatnim naslagama gdje poniru i u nekim slučajevima i dalje se kreću kao tokovi. Radi toga se razlikuju pretpostavke pojedinih autora, Stache, Sacco, d'Ambrosi, Babić (1-10), o kretanju podzemne vode, sabirnom području i eksploatacionim mogućnostima pojedinih kraških izvora.

Da bi doprinjeli rješavanju ovog problema izvršili smo trasiranje podzemne vode pomoću tricija radi toga što ovaj traser ima specifična svojstva. On se može detektirati na velikim udaljenostima zato što mu je vrijeme poluraspada 12.26 godina. Injektiranje tricija može se izvršiti točkasto, a kretanje mu je jednaka kretanju vode. Gubici uslijed adsorpcije su minimalni, a metode mjerenja su vrlo precizne. Isto tako, izvršili smo određivanje koncentracije mikrokonstituenata u vodi metodom neutronske aktivacione analize koja ima prednost da se istovremeno može odrediti koncentracija za oko 25 mikrokonstituenata.

EKSPERIMENTALNI DIO

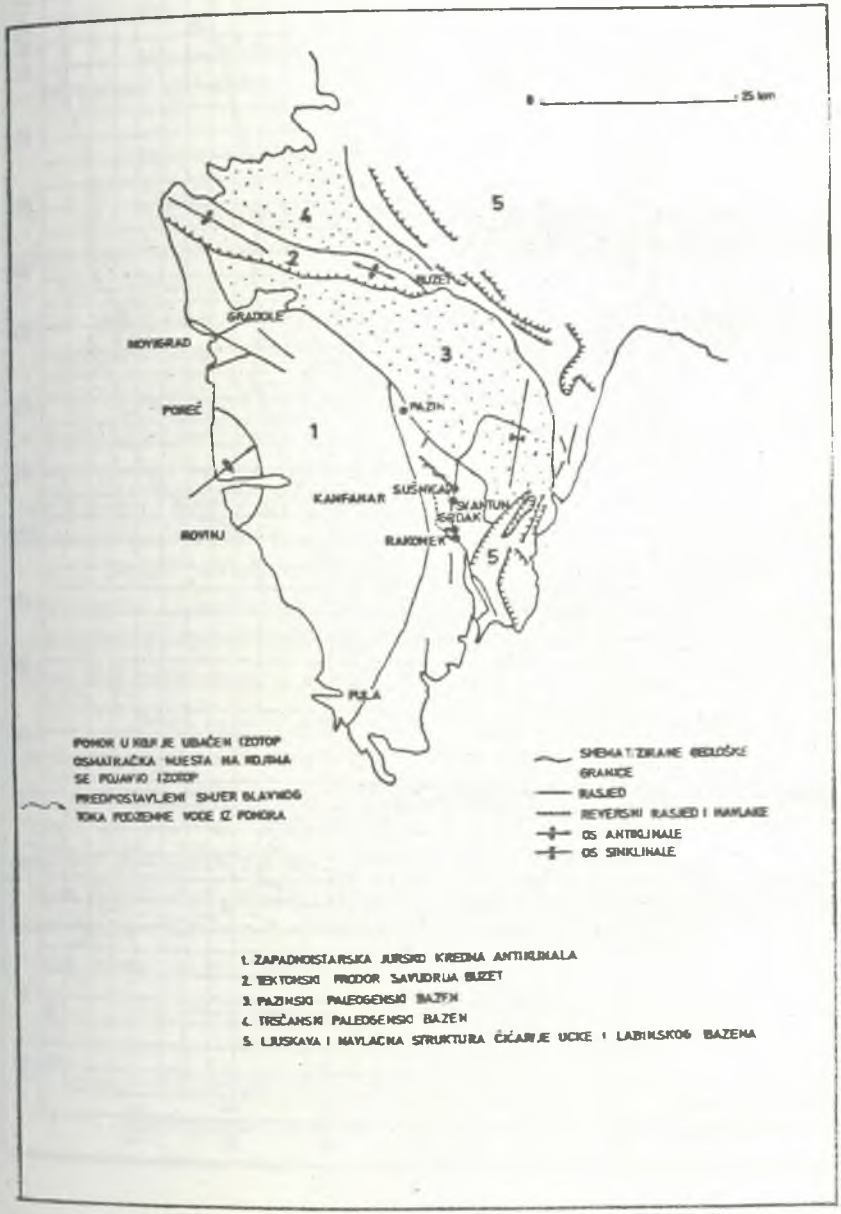
Tricij je injektiran u ponor rječice Pazinčice, a mjesta osmatranja određena su na osnovu dosadašnjih geoloških, hidrogeoloških i drugih vodoistražnih radova. Uzorci su izimani u određenim vremenskim intervalima na nekim izvorima u dolini rijeke Raše i Mirne, u rudniku Potpičan, Raškom zaljevu i Limskom kanalu, kao i u bunarima kod Pule. Istovremeno su mjereni i vodostaji, a iz konsumpcionih krivulja određeni su protoci. (Prilog I i II). Na nekim izvorima u dolini rijeke Raše uzimani su također i uzorci za analizu mikrokonstituenata.

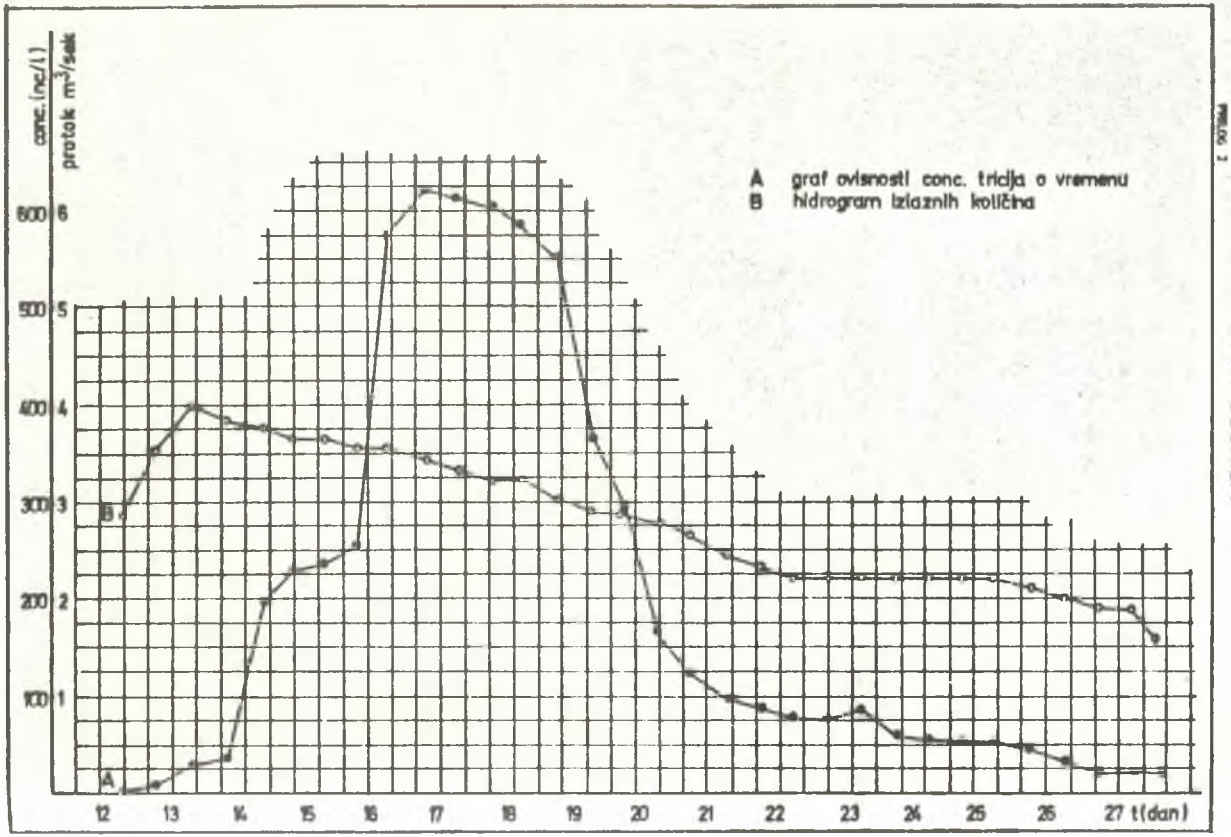
Koncentracija tricija u uzetim uzorcima određena je u Institutu "Ruđer Bošković" na slijedeći način: uzorci vode prethodno su destilirani da bi se odstranile kvinčirajuće tvari i neisparivi radioaktivni elementi. Ukupnu količinu tricija iz uzorka dobili smo isparavanjem do suha. Dio ovako pripremljenog destilata pomiješan je sa scintilatorom u specijalnim bočicama. Kao scintilator upotrebljena je otopina p-toluena koji sadrži PPO, MSB i Triton X-100. Za mjerenje aktivnosti u pripremljenom uzorku upotrebljen je Packard TRI CARB liquid scintilacioni spektrometar. Efikasnost mjerenja tricija iznosila je prosječno 24%.

Na osnovu ovisnosti koncentracije tricija u uzorcima vode i protoka u vremenu odredili smo srednju brzinu toka, smjerove i način kretanja podzemne vode. Količina tracija koja je istekla na pojedinom izvoru, kao i količina vode koja se nalazi između ponora u koji je injektiran tricij i izvora gdje se tricij pojavio kompjuterski je izračunata prema jednadžbama predloženim od Burdon i dr. (11).

Za određivanje mikrokonstituenata u uzorcima otpareno je četiri do pet litara vode do suha. Dehidrirani uzorak ozračen je u snopu neutrona u nuklearnom reaktoru Triga u Ljubljani. Ozračeni uzorci analizirani su pomoću gama spektrometra, koji se sastojao od 30 cm^3 Ge/Li detektora priključenog na 4096 kanalni amplitudni anali-

PRILOG 1 - TEKTONSKA SKICA ISTRE





PRILOG 2

IZVOR SUŠNICA

zator. Standardnim proračunom odredjene su koncentracije pojedinih mikrokonstituenata u uzorcima vode.

Na osnovu sličnosti u sastavu mikrokonstituenata u uzorcima vode pojedinih izvora pokušali smo odrediti koji se izvori prihranjuju iz istog sabirnog područja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Tricij injektiran u ponor rječice Pazinčice pojavio se samo na slijedećim izvorima u dolini rijeke Raše: na izvoru Sušnica (50% od ubačene količine tricija u ponor), Sv. Antunu (20%), Gradaku (13%) i Rakoneku (7%). Prva pojava tricija detektirana je na izvorima Sušnice i Sv. Antuna i to 12 dana nakon injektiranja tricija u ponor, dok se na izvorima Grdaku i Rakoneku pojavio nakon 18 dana.

Analizom dobivenih rezultata utvrdjeno je da glavni tokovi iz ponora rječice Pazinčice idu prema izvoru Sušnice kroz jaku karstificiranu zonu. Razina ovih tokova ovisna je od hidroloških uvjeta. Sniženjem vodostaja postepeno se spušta nivo podzemnih tokova i pojedini izvori koji su na višoj razini presuše. Za vrijeme niskih vodostaja obzirom na nižu kotu izvora Sv. Antuna od izvora Sušnice, voda dotječe samo na izvor Sv. Antuna. Utvrdjena količina podzemne vode koja se nalazi izmedju ponora rječice Pazinčice i izvora Sušnice i Sv. Antuna iznose 6 000 000 m^3. Količina podzemne vode izmedju ponora Pazinčice i izvora Sv. Antuna dvostruko je manja od količine podzemne vode izmedju ponora i izvora Sušnice.

Ranije spomenuti istraživači (1-10 navode Sv. Antun kao izvor koji se može eksploatirati. Tako Babić iznosi da Sv. Antun daje oko 100 l/sek kod minimalnih vodostaja. Nijedan od autora ne spominje Sušnicu kao potencijalni izvor jer nisu ustanovili da je Sv. Antun samo odvoja od glavnog toka koji ide prema Sušnici. Obzirom da smo ovim istraživanjem obuhvatili velik dio Istre nismo uzimali uzorke s manjih izvora u okolini izvora Sušnice. Na osnovu procjene protoka i sličnosti u sastavu mikrokonstituenata u vodi ovih izvora i izvora Sušnice možemo pretpostaviti da je jedan dio tricija istekao i na ovim izvorima.

Na osnovu iznesenoga može se zaključiti da je izvor Sušnica-Sv. Antun jedan od najperspektivnih izvora za eksploataciju u Istri, i zbog toga bi se trebalo zaštiti ovog područja posvetiti posebna pažnja.

Utvrdjena je sličnost odnosa izmedju izvora Grdaka i Rakoneka s odnosom izmedju izvora Sušnice i Sv. Antuna. Izvori Grdak i Rakonek dobivaju vodu iz zaied-

ničkog toka koji dolazi iz ponora Pazinčice. Odvojak koji ide prema izvoru Grdak jače je karstificiran i ima veći protok kod viših vodostaja. Uslijed male razlike u hidrauličkom gradijentu tokova, pošto je Rakonek na nešto nižoj koti, kod niskih vodostaja kapacitet izvora Grdak znatno se smanjuje ali ne presušuje. Pod istim hidrološkim uvjetima protok se na izvoru Rakoneka smanjuje ali je veći od protoka na izvoru Grdaka.

Iz odredjenog postotka tricija koji je istekao na izvorima Sušnica, Sv. Antun, Grdak i Rakonek može se zaključiti da oko 90% vode iz ponora rječice Pazinčice dolazi na ove izvore. Ako se uzme u obzir i prijašnja pretpostavka o izvorima u okolici izvora Sušnice, možemo zaključiti da se svi navedeni izvori u dolini Raše prihranjuju iz sabirnog područja koje je odredjeno slivnim područjem rječice Pazinčice i iznosi oko 60 km^2.

Na osnovu ovoga proizlazi da bi izgradnja nukleame elektrane ili nekog drugog industrijskog objekta u samom sabirnom području predstavljala direktnu opasnost za zagadjenje podzemne vode. Izgradnja navedenih objekata izvan sabirnog područja, ali na lokacijama gdje su zračne struje takve da mogu aeroputem zagaditi sabirno područje, predstavlja takodjer opasnost za podzemne vode. Stupanj opasnosti od zagadjenja s ovih područja ne može se procijeniti budući se ne zna količina vode kojom se prihranjuju pojedinih izvori iz navedenog sabirnog područja.

Iz dobivenih količina podzemne vode i ostalih podataka proračunat je bilans vodotoka i ustanovljeno je da je sabirno područje s kojega se hrane navedeni izvori u dolini Raše veće od utvrdjenog fliškog područja, tj. izvori Sušnica, Sv. Antun, Grdak i Rakonek znatnim se dijelom prihranjuju vodom koja potječe iz krškog sabirnog područja. Prema tome situacija se pogoršava jer je područje s kojega se mogu izvori zagaditi veće.

Neophodno je naglasiti da je opasnost od zagadjenje podzemne vode u kršu mnogo veća nego na području riječnih nanosa. U ispitivanom krškom području pracijenjena srednja brzina toka podzemne vode, odnosno zagadjivača, iznosi oko 800 m/dan, dok su maksimalne brzine podzemnog toka u riječnim nanosima oko 9 m/dan.

Naši rezultati, s obzirom da su dobiveni samo kod visokih vodostaja, ne mogu tačno definirati veličinu kaškog slivnog područja. Za rješavanje ovog problema neophodno je, uz ostala istraživanja, izvršiti trasiranja podzmene vode kod niskih i srednjih vodostaja. Isto tako treba izvršiti analize koncentracije mikrokonstituenata i specifične aktivnosti vode na karakterističnim lokacijama uz iste hidrološke uvjete.

ZAKLJUČAK

Istraživanja opisana u ovom članku pokazala su da se trasiranjem podzemne vode i analizama mikrokonstituenata kod vodoistražnih radova u kršu mogu dobiti značajni podaci. Neki od tih podataka ne mogu se ustanoviti drugim metodama ili trasiranjem s drugim radioaktivnim ili klasičnim traserima.

Korištenjem podataka i za odredjivanje bilansa vodotoka učinjen je znatan napredak u provodjenju kompleksnih radova u svrhu definiranja zaštitnog područja i eksploatacione mogućnosti pojedinih izvora.

SUMMARY

The new knowledge of underground water movement in karstic terains, the pathways and pollution possiblities has been obtained by tracing with artificial tritium and by microconstituent analysis of water. Quantities of underground water in some districts have been determined too. Experimental data were used for water bilance and safety area determination. These investigations are important contribution to solving of complex problems in safety area designation and explatation capabilities of some springs. Tritium tracing and microelement analysis are neccessary, because some data essential for locations of nuclear power plants or industrial objects cannot be acquired by the use of ordinary methods of some other tracers.

LITERATURA

1. G. Stache (1874): Die Wasser-Verhältniss von Pirano und Dignano in Istrian. Jahrb. Geol. Reichsanst., 14, Verh. Wien.
2. G. Stache (1880): Uber die Trinkwasserfrage zu Pola in Istrien. Verh. Geol. Reichsanst., Wien.
3. G. Stache (1889): Die Wasserversurgung von Pola. Jahrb. Geol. Reichsanst., 39, Wien.
4. F. Sacce (1924): L'Istria, Cenni geologici generali. Mem. desr. Carta geol. Italia, Mondovi.
5. F. Sacce (1924): Shema geologice dell'Istria, 1:200.000. L'Univero 5.
6. F. Sacce, C.F. Paron, R. Battoglia (1924): Carta geologica d'Italia. Vol. XIX. L'Istria. Cenni geologici generali e materiali bibliografici, Mandovi.
7. C.d'Ambrosi (1931): Note illustrative della Carta geologica delle tre Venezie, Foglie "Pisino", Padova.
8. C.d'Ambrosi (1942): Un squardo al cassino senoniano in Istria. Atti Ist. Ven. Sc. Lett. ed Arti, 101/2, Venezia.

9. C.d'Ambrosi (1954): Paleoidrografia miocenica in Istria e sua succesiva transformazione rapporte con lo sviluppo del carsismo. Atti 6, Congr. Naz. speleologia, Trieste.

10. Ž. Babić, V. Cukor, F. Fritz, B. Raljević: Prilog poznavanju hidrogeoloških odnosa južne i srednje Istre, Geol. vjes. 21 (1967) 295.

11. D.J. Burdon, E. Eriksson, B.R. Payne, T. Papadimitropoulos, N. Parakis: The use of tritium in tracing karst groundwater in Greece, Proceedings of the Symposium on the application of radioisotopes in hydrology, IAEA Vienna (1963) 309-320.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU
OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29,30,31 maj i 1 juni 1979.

N.Ajdačić,
Institut "Boris Kidrič" Vinča

ODREDJIVANJE SADRŽAJA Ce, Cr, Cs, Fe, Zn I Co U UZORCIMA VODA, TLA I RASTINJA IZ ŠIRE OKOLINE OSTRVA VIR KOD ZADRA

Rezime

Kao prilog ekološkoj karakterizaciji šire okoline ostrva Vir kod Zadra, odredjivan je sadržaj mikroelemenata u uzorcima koponenih voda, tla, rastinja i nekih prehrambenih proizvoda.

Metodom NNAA, kvantitativno je analizirano 15 hemijskih elemenata.

U ovom radu dati su rezultati analize za samo nekoliko najznačajnijih mikrokonstituenata: Ce, Cr, Cs, Fe, Zn i Co.

Uvod

U okviru ekološke karakterizacije neke oblasti, radi biogeohemijskog definisanja ponašanja konstituenata posmatranog dela eko-sistema, pored brojnih činilaca, potrebno je multielementnom analizom uzoraka tla, voda, rastinja i dr., upotpuniti saznanja o uslovima koji karakterišu posmatrano područje.

Poznavanje kvantitativnog sadržaja stabilnih izotopa hemijskih elemenata - mikrokonstituenata u posmatranoj oblasti, pored mogućnosti utvrdjivanja puteva njihovog rasprostiranja i načina i mesta sakupljanja, takodje, omogućava primenu ovih saznanja i na ponašanje odgovarajućih radioak-

tivnih izotopa, u slučajevima kada je to potrebno.

Imajući u vidu ovo poslednje, iz obilja podataka dobijenih analizom uzoraka sakupljenih u široj okolini ostrva Vir kod Zadra (1), izdvojeni su, u okviru ovog rada, samo podaci dobijeni za nekoliko najznačajnijih elemenata.

Sakupljanje i priprema uzoraka

Pored uzoraka voda, tla i trave, analizirano je i više vrsta poljoprivrednih proizvoda, značajnih sa aspekta zastupljenosti u ishrani življa posmatranog kraja, radi sticanja uvida u mogućnost dospevanja "kritičnih" elemenata, odnosno njihovih radioaktivnih izotopa do čoveka.

Mesta i način sakupljanja uzoraka odredjeni su tako da ovi mogu da predstavljaju reprezentativne uzorke, imajući, pri tom u vidu: gustinu naseljenosti, zastupljenost poljoprivredne aktivnosti življa, veće izvore vode za piće i druge značajne činioce.

Sa pet lokacija:

I Ostrvo Vir (Torovi, Lozice)
II Privlaka
III Ostrvo Pag
IV Ostrvo Ugljan (Sutomišćica)
V Bokanjačko blato (kod Zadra),

u dva maha sakupljani uzorci (decembra 1976 i aprila 1977), pripremani su za analizu, aktivirani i mereni, na način i pod uslovima detaljno izloženim u Ref.(1).

Uzorci voda analizirani su u stanju suvog ostatka, dok je za uzorke rastinja i prehrambenih proizvoda za analizu korišćen mineralni ostatak.

Rezultati analize dati su u ppm jedinicama (μgr/gr analiziranog materijala).

Standardi i obrada podataka

Kako je NNA analiza izvedena relativnom metodom, obzirom na matriks većine uzoraka, kao standardi su korišćeni medjunarodni kompozitni standardi USGS G-1, USGS W-1, ZGI GM, ZGI BM i od rastvora spektrografski čistih supstanci pripremljeni standardi Ce i Zn.

Obrada podataka obavljena je TPA metodom (2) na računaru CDC 3600, pomoću programa za aktivacionu analizu (3) i (4).

Kako se većina analiziranih elemenata nalazi u svim korišćenim kompozitnim standardima, obračun koncentracija svakog elementa u uzorcima vršen je na osnovu srednje vrednosti komparacionih faktora (za posmatrani element) u sva četiri standarda. Odstupanja pojedinačnih vrednosti komparacionih faktora od njihove srednje vrednosti su u granicama 1-3%, što konačnim rezultatima analize daje posebnu pouzdanost.

Osnovna aktivnost

Sadržaj mikrokonstituenata u analiziranim uzorcima, izuzetno je nizak, obzirom da su to, većinom, mineralni ostaci organskih materija. Stoga je brižljivo uradjena obrada rezultata merenja osnovne aktivnosti - aktivnosti prazne kvarcne ampule, ozračene istovremeno sa uzorcima i standardima, kako se tragovi elemenata iz kvarca ne bi pripisali sadržaju u uzorcima. Rezultati ove analize, za dve serije merenja, dati su u Tabeli I.

Tabela I. Osnovna aktivnost ozračene prazne kvarcne ampule

Element	ppm	
	I merenje	II merenje
Ce	0,016	0,023
Cr	0,102	0,165
Cs	0,018	0,010
Fe	9	8
Zn	0,61	0,40
Co	0,020	0,020

Imajući u vidu nivo koncentracija elemenata u uzorcima i grešku metode, imalo je smisla vršiti samo korekciju rezultata koji se odnose na sadržaj Co, pa i to ne u svim slučajevima. Podaci iz Tabele I korisni su i gledano sa jednog drugog aspekta: oni implicitno ukazuju na granice osetljivosti odredjivanja pojedinih elemenata u uzorcima pod ovim uslovima eksperimenta.

Rezultati analize uzoraka dati su u Tabeli II i predstavljaju srednje vrednosti 4 - 6 podataka, budući da su odredjivanja sadržaja elemenata(izuzimajući radioizotope monoenergetske gama emitere), vršena preko dve ili više karakterističnih gama linija i to u dva merenja.

Načinom izražavanja rezultata u priloženoj tabeli, implicitno je data disperzija podataka čija je srednja vrednost konačni rezultat, s tim što je poslednja cifra data kao zaštitna cifra.

Ukupna, relativna greška metode iznosi 5 - 15%.

Zaključak

Rezultati analize pokazuju da se svi ispitivani elementi, u većoj ili manjoj meri, zavisno od prirode tla i porekla voda, akumuliraju u rastinju posmatrane oblasti.

Takodje, grubo mogu da se odrede kulture koje u većoj meri, selektivno akumuliraju pojedine hemijske elemente. Na primer: trava - Fe, Cr, Ce i Co; kukuruz, pasulj i salata - Zn; blitva i vinova loza - Cr i Co. Ove bi kulture, po potrebi, mogle da posluže kao bioindikatori.

Kod većine zeljastih kultura jasno se opažaju sezonske promene u sadržaju mikroelemenata, što je razumljivo obzirom na sastav tkiva mladih, prolećnih biljki. No, da bi o ovome bio donet pouzdan sud, na osnovu koga bi sa sigurnošću moglo da se zaključuje o akumulaciji mikroelemenata u rastinju, ovi podaci bi morali da budu verifikovani analizom uzoraka u bar još jednom godišnjem ciklusu.

Posebnu pažnju treba obratiti na sadržaj Cs u rastinju u korelaciji sa sastavom zemljišta, poreklom voda i vremenom sakupljanja uzoraka.

Tabela II Sadržaj mikroelemenata u analiziranim uzorcima

Red. br.	Vrsta uzorka	Datum i mesto sakupljanja uzorka	Elementi (ppm)					
			Ce	Cr	Cs	Fe	Zn	Co
1.	Suvi ostatak vode	Vir-selo(izvor-I) XII.1976.	0,26	1,1	0,08	280	44	0,18
2.	"	" IV.1977.	0,27	1,1	0,10	70	47	0,16
3.	"	Bokanjačko blato XII.1976. (V)	0,27	2,2	0,13	110	12	0,25
4.	"	" IV.1977.	0,43	1,6	0,09	70	6	0,23
5.	Zemlja	Vir-selo (I) XII.1976.	44	156	5,8	42.400	140	15
6.	"	Privlaka (II) XII.1976.	25	125	3,8	22.400	75	12
7.	"	Ugljan-Sutomišćica(III) XII.1976.	33	148	7,1	25.900	78	12
8.	"	Bokanj.blato(V) XII.1976.	33	136	6,2	19.400	62	7,1
9.	Mast (jagnj.)	Vir-selo (I) XII.1976.	7,1	18	1,6	2.380	4830	0,54
10.	Vino(crno)	Tarovi(Vir)I XII.1976.	3,9	1120	1,5	840	42	0,48
11.	Salata	Vir-selo (I) XII.1976.	5,7	14	0,70	6.360	69	2,4
12.	"	" IV.1977.	5,6	7,5	0,60	2.940	62	0,38
13.	"	Privlaka (II) XII.1976.	6,1	13	0,59	1.540	353	1,4

Tabela II - nastavak

Red. br.	Vrsta uzorka	Vreme i mesto sakupljanja uzoraka	Elementi (ppm)					
			Ce	Cr	Cs	Fe	Zn	Co
14.	Salata	Sutomišćica(III) XII.1976.	11	33	2,5	2.600	480	3,6
15.	Blitva	Vir-selo(I) IV.1977.	1,6	4,1	5,0	3.200	250	4,9
16.	"	Privlaka(II) XII.1976.	5,7	26,4	0,73	3.864	32	2,5
17.	"	Sutomišć.(III) XII.1976.	5,4	19,1	0,85	4.270	59	4,3
18.	Crni luk	Vir-selo(I) XII.1976.	5,4	13	0,84	1.050	640	1,7
19.	"	" IV.1977.	4,6	12	0,72	840	290	1,1
20.	Kelj	Vir-selo(I) IV.1977.	2,8	7,0	0,47	700	150	1,8
21.	"	Lozice(I) XII.1976.	3,9	10	0,66	1.120	400	1,5
22.	"	" IV.1977.	2,9	7,2	0,63	980	100	2,1
23.	Krompir	Lozice(I) IV.1977.	2,9	7,2	0,37	590	400	2,5
24.	"	Ugljan (III) XII.1976.	2,3	5,6	0,41	770	480	2,4
25.	Pasulj	Ugljan (III) XII.1976.	3,9	33	0,69	1.750	890	5,9
26.	Šargarepa	Bokanj.blato(V) XII.1976.	2,7	4,7	0,32	260	130	0,50
27.	Kukuruz	Bokanj.blato(V) XII.1976.	3,6	nije nadjen	0,48	1.320	1.300	0,22
28.	Trava	Sutomišć.(III) XII.1976.	21	107	3,5	19.200	97	7,5

Summary

As a part of environmental caracterisation of the island Vir near Zadar, quantitative contents of 15 microelements in samples of water, soil and of a few products of food in this area, have been analyzed using nondestructive neutron activation method.

In this paper are presented the results for several most important microconstituents: Ce, Cr, Cs, Fe, Zn and Co.

Reference

1. Ajdačić N.B., IBK-1477, Beograd - Vinča, 1978.

2. Baedecker, P.A., Anal Chem., 43, No 3, 403, 1971.

3. Baedecker, P.A., Publ.No 1030, Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles

4. Milinković, Lj.S., i Ajdačić, N.B., Fizika, Vol 9, Suppl.1, 1977.

- Zakon o izgradnji investitionih objekata
  Sl. glasnik SRS 25/73, 6/77, 30/77, 31/77
- Zakon o vodama
  Sl. glasnik SRS 33/75, 53/75, 18/76, 14/77
- Zakon o medjurepubličkim i medjudržavnim vodama
  Sl. list SFRJ 2/1974, 24/76
- Zakon o iskorišćavanju i zaštiti izvorišta vodosnabdevanja
  Sl. glasnik SRS 27/77
- Uredba o kategorizaciji vodotokova
  Sl. glasnik SRS 5/68
- Zakon o zaštiti od zagadjivanja vazduha
  Sl. glasnik SRS 8/73, 29/73, 31/77
- Zakon o putevima
  Sl. glasnik SRS 32/75, 54/75, 21/76, 13/77
- Zakon o šumama
  Sl. glasnik SRS 19/74, 54/75, 21/76, 14/77
- Zakon o zaštiti od požara
  Sl. glasnik SRS 9/77
- Zakon o unutrašnjoj plovidbi
  Sl. glasnik SRS 27/77
- Zakon o zaštiti kulturnih dobara
  Sl. glasnik SRS 28/77
- Zakon o zaštiti prirode
  Sl. glasnik SRS 50/75
- Zakon o eksproprijaciji
  Sl. glasnik SRS 47/77
- Zakon o vazdušnoj plovidbi
  Sl. list SFRJ 23/78
- Zakon o narodnoj odbrani
  Sl. list SFRJ 22/74

- Odluka o odredjivanju objekata pri čijoj se izgradnji mora izvršiti prilagodjavanje potrebama narodne odbrane, postupku obaveštavanja o izgradnji tih objekata i postavljanju zahteva za njihovo prilagodjavanje
Sl. list SFRJ 6/75

- Društveni dogovor o zajedničkom radu u oblasti čovekove sredine i prostornog uredjenja
Sl. list SFRJ 33/74.

- Uredba o klasifikaciji voda medjurepubličkih vodotoka, medjudržavnih voda i voda oblanog mora Jugoslavije
Sl. list SFRJ 6/78

- Odluka o maksimalno dopuštenim koncentracijama radionuklida, i opasnih materija i u medjurepubličkim vodotocima, medjudržavnim vodama i vodama obalnog mora Jugoslavije
Sl. list SFRJ 8/78

Još neki propisi, na kojima se bazira standardna dokumentacija jednog projekta, ne bi spadali u domen obradjivanog materijala.

Propisi koji se odnose na specifičnosti nuklearne elektrane u širem smislu su sledeći:

- Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja
  Sl. list SFRJ 54/76

- Pravilnik o ispitivanju kontaminacije radioaktivnim materijama vazduha, zemljišta, reka, jezera, čvrstih i tečnih padavina, vode za piće, ljudske i stočne hrane
Sl. list SFRJ 27/77

- Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju
Sl. list SFRJ 27/77

- Pravilnik o povremenim merenjima stepena izloženosti radnih mesta jonizujućim zračenjima, o proveravanju kontaminacije radne sredine i proveravanju ispravnosti merne instrumentacije i zaštitnih sredstava
Sl. list SFRJ 27/77

- Pravilnik o stručnoj spremi, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja
Sl. list SFRJ 27/77

- Pravlnik o načinu i uslovima ispuštanja, čuvanja, obradjivanja i konačnog smeštaja radioaktivnih otpadnih materija
Sl. list SFRJ 27/77

U pripremi su i verovatno će do sredine ove godine da budu objavljeni i preostali pravilnici koje predvidja zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, i to:

- Pravilnik o tehničkim normativima i uslovima za lokaciju, izgradnju, probni rad, puštanje u rad i korišćenje nuklearnih objekata i postrojenja

- Pravilnik o maksimalno dozvoljenim granicama radioaktivne kontaminacije čovekove sredine i o vršenju dekontaminacije.

- Pravilnik o uslovima pod kojima se mogu ostavljati u promet i upotrebljavati voda za piće, životne namirnice i predmeti opšte upotrebe kontaminirani radioaktivnim materijama.

Osim navedenog treba navesti i

- Zakon o prevozu opasnih materija
  Sl. list SFRJ 24/74

- Odluku o obrazovanju komisije Izvršnog veća Skupštine Socijalističke Republike Srbije za nuklearnu energiju i tehnologiju
Sl. glasnik SRS 16/77

- Zakon o sprovodjenju mera zaštite od jonizujućih zračenja
Sl. glasnik SRS 32/78

- Odluka o maksimalno dopuštenim koncentracijama radionuklida i opasnih materija u medjurepubličkim vodotocima, medjudržavnim vodama i vodama obalnog mora Jugoslavije
Sl. list SFRJ 8/78

- Zakon o odgovornosti za nuklearne štete
Sl. list SFRJ 22/78

Postojeća regulativa ne rešava definitivno mnoge probleme vezane za nuklearne elektrane i mada se u poslednje vreme vrlo intezivno radi ne upotpunjavaju iste, može se zapaziti da u postojećim tekstovima relevantnim za lociranje, izgradnju i rad nuklearnih elektrana nedostaje sledeće:

- Cifarski podatak o tome koliki se deo prihvatljivog ozračivanja stanovništva "dodeljuje" radu nuklearnih elektrana. U inostranstvu se ove veličine kreću od 0.o5-2 mSv (5-200mrem) po pojedincu.

- Cifaraski podaci koji bi investitoru koristili kod pripremanja i procene dokumenata koje podnosi pri traženju saglanosti.

- Definicija-specifikacija prethodnog i završnog izveštaja o sigurnosti i okolini.

- U predlogu "Pravilnika o tehničkim normativima i uslovima za lokaciju, izgradnju, probni rad, puštanje u rad i korišćenje nuklearnih objekata i postrojenja" se poziva na standarde i tehničke normative za opremu koja se koristi u nuklearnoj elektrani kao i na norme kvaliteta i ispitivanja istih a sve to u našoj zemlji ne postoji. Treba napomenuti, da se ovim pravilnikom dozvoljava primena standarda, tehničkih normativa i normi kvaliteta MAAE u svim slučajevima kada ne postoje domaće vrednosti. Medjutim, ni MAAE još nema sve to.

- Nije dovoljno precizan postupak za dobijanje saglasnosti.

- U vezi sa Zakonom o zaštiti od jonizujućih zračenja treba napomenuti da je član 11, kojim se odgovornim za nastale štete u odredjenom slučaju proglašava organ koji je dao saglasnost, u suprotnosti sa Bečkom konvencijom, čiji je potpisnik SFRJ. Prema Konvenciji, korisnik nuklearnog postrojenja je isključivo odgovoran za sve nastale štete nastale radom, prisustvom i potrebama nuklearnog postrojenja.

Prema navedenom u našoj regulativi bilo bi potrebno obraditi:

- Posebne uslove za dobijanje dozvola za različite faze izgradnje nuklearne elektrane i definisati nadležnosti za pojedine faze.

- Postupke za odredjivanje maksimalno dozvoljenog ispuštanja radioaktivnih kontaminanata.

- Propise o sastavu, dužnostima i pravima službe zaštite unutar nuklearne elektrane tj. obavezu obrade te materije u projektu.
- Propise o sadržaju pravila rada u nuklearnim elektranama odnosno obavezu obrade te materije u projektu.
- Propis o javnoj raspravi dokumentacije za gradnju nuklearnih elektrana.
- Propis o postupku verifikacije izveštaja sigurnosti, izveštaja o okolini.
- Propise o nadzoru, ograničenju i obustavi radova.
- Propise o normama i standardima odnosno primeni stranih normi i standarda.
- Propise o obavezi radne organizacije o sprečavanju zloupotrebe i sistemu kontrole.
- Propise o odgovornosti od nuklearnih šteta.

Gore navedeno ne iscrpljuje sva pitanja u vezi potrebnih zakonskih akata i normi. Takozvana nuklearna regulativa predstavlja vrlo obimnu materiju i nije ni predvidjeno da se u ovom radu tretira detaljnije.

Treba napomenuti da se čitava ova materija, postojeća i potrebna mora neprekidno dogradjivati, dopunjavati i prilagodjvati nastalim promenama u društvu, u tehničko-tehnološkim oblastima, u naučnim saznanjima.

YUGOSLAV REGULATIONS FOR SITING AND CONSTRUCTION OF NUCLEAR INSTALLATIONS-OBJECTS.

The paper gives a review of Yugoslav regulations directly or indirectly applicable to siting and construction of nuclear installations-objects. Some of the more important regulations are considered and the author`s points of view given regarding the need of further ammendments and the completion of the necessary regulations and norms.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29,30, 31.V. i 1.VI.1979. godine

M. Zarić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"
Laboratorija za zaštitu od zračenja

ISTRAŽIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆIH I NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA U OKVIRU "PROGRAMA NAUČNO-ISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI NA ZAŠTITI I UNAPREDJIVANJU PRIRODE I ČOVEKOVE SREDINE U SR SRBIJI"

Rezime

Navode se osnovni podaci o projektu "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja - o organizaciji, o programu rada i o radovima u toku prve faze rada.

Projekat "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja" formiran je na osnovu "Programa naučnoistraživačke aktivnosti na zaštiti i unapredjivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji". Zvanično, rad na predmetnom projektu, koji treba da traje više godina, započet je juna 1977 a prva faza je trajala jednu kalendarsku godinu tj. do juna 1978. godine. Sredstva za rad na ovom projektu prikupljaju se putem Samoupravnog sporazuma a realizuju se preko Republičke zajednice za naučni rad.

7. "Radioaktivni odpadni materijali u životnoj sredini"

8. "Narodna odbrana, vanredne situacije, akcidenti i zaštita od jonizujućih i nejonizujućih zračenja"

9. "Zakonske osnove za zaštitu od jonizujućih i nejonizujućih zračenja"

U okviru projekta postoji Projektni odbor, koga čine rukovodioci pojedinačnih grupa zadataka i Projektni savet koga čine predstavnici svih institucija učesnika u projektu kao i spoljni članovi, predstavnici institutcija i organa zainteresovanih za rad na predmetnoj problematici. Kao osnova za obradu pojedinačnih grupa zadataka - tema, poslužio je "Zajednički usaglašen program projekta". Prema programu rada prve faze (prva godina) trebalo je pre svega utvrditi sadašnje stanje u okviru predmetne problematike (institucije, kadrovi, oprema, dosadašnja delatnost i radovi i dr), identifikovati institucije zainteresovane za sprovodjenje odredjenih vrsta radova i na osnovu prikupljenog i analiziranog materijala oformiti predlog programa za dalji rad u ovoj oblasti sa tim da se istaknu prioritetni problemi, vodeći računa o tome da ne dolazi do dupliranja istraživanja, da istraživanja budu komplementarna i da budu objedinjena na čitavoj teritoriji SRS.

Uopšte uzev, uz uvažavanje mogućnosti potrebe dorade pojedinih delova, projekat je dao realnu sliku i pregled aktivnosti u ovoj oblasti.

Programi rada, koji bi trebalo da budu realizovani u sledećim periodima odnose se na napred navedene oblasti.

Kod dozimetrije zračenja predvidjeni su programi za:

- Razvoj detektora, metoda i instrumentacije za dozimetrijska merenja i za razvoj standardizacije.
- Dozimetriju radijacionih polja i doza od spoljašnjeg ozračivanja.
- Doze od unutrašnjeg ozračivanja.

U okviru biomedicinskih problema zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja dati su programi koji se odnose na

- Biodozimetriju
- Dijagnostiku unutrašnje kontaminacije
- Patološke efekte jonizujućeg zračenja
- Radioprotekciju i terapiju.

U vezi proučavanja problema radionuklida u životnoj sredini usvojeno je pet smereva delovanja koji su uobličeni u sledeće dugoročne zadatke:

- Problematika monitoring sistema radioaktivne kontaminacije životne sredine i nivoa internog ozračivanja stanovništva SR Srbije preko prehrambenog ciklusa.
- Radioekološka evaluacija monitoringa reprezentativnih rečnih sistema u SR Srbiji.
- Istraživanje nivoa gama radioaktivnosti teritorije SR Srbije sa identifikacijom postojećih i potencijalnih prirodnih izvora radionuklida u životnoj sredini, a u cilju stvaranja osnove za preventivnu delatnost, zakonodavstvo i izradu standarda.
- Izučavanje transporta radionuklida.

Radijacioni rizik i sistem zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja u ciklusu animalne proizvodnje bazira se na pet dugoročnih zadataka koji se navode:

- Identifikacija postojećih i potencijalnih izvora jonizujućih zračenja i karakterizacija puteva translokacije radionuklida u animalnoj proizvodnji.
- Usavršavanje tehnoloških postupaka i sistema zaštite od zračenja u animalnoj proizvodnji.
- Istraživanje radijacionog rizika u proizvodima biljnog i animalnog porekla, koji se koriste u animalnoj proizvodnji kao elementi za dalje procene ozračenosti i kontaminacije.

- Radiobiološki efekti na domaćim životinjama.

- Nejonizujuća zračenja i njihovo delovanje na animalnu proizvodnju.

U okviru tehničke, tehnološke, medicinske i biološke zaštite od zračenja programi se odnose na:

- Tehničku zaštitu od jonizujućih i nejonizujućih zračenja.

- Proučavanje faktora koji uslovljavaju kriterijume za izbor i utvrdjivanje mera zaštite od zračenja, pri tehnološkim postupcima sa nuklearnim sirovinama.

- Medicinsku zaštitu od jonizujućih i nejonizujućih zračenja.

- Biološku zaštitu od jonizujućih i nejonizujućih zračenja.

Po pitanju radioaktivnih odpadnih materijala u životnoj sredini programi su usmereni na:

- Izradu šeme i realizaciju mera, za utvrdjivanje bilansa radioaktivni materijal- radioaktivni odpadni materijal u životnoj sredini na teritoriji SR Srbije.

- Izradu jugoslovenskih standarda, za tretman, obradu i stokiranje radioaktivnih otpadnih materijala.

Problematika narodne odbrane, vanrednih situacija, ekcidenata, u vezi zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja obradjivaće se kroz sledeće programe:

- Kontrola kontaminacije životne sredine radioaktivnim materijama i dejstvovanje u vanrednim situacijama.

- Radijaciona ekspertiza predmeta veterinarskog nadzora u vanrednim delovima.

- Radijaciona zaštita animalne proizvodnje u vanrednim uslovima.

- Medicinski i radijacioni-higijenski aspekti radijacionih i nuklearnih akcidenata te vanrednih situacija - medicinsko zbrinjavanje i intervencija.

U toku rada na prvoj fazi projekta učestvovalo je oko 110 istraživača, citirano je preko 1000 referenci a oformljeni materijali obuhvataju oko 300 stranica.

Prikupljeni materijali biće uneti u odgovarajući informacioni sistem, u kom cilju su prikupljeni podaci pravovremeno dostavljeni obradjivačima projekta Informacioni sistem.

U sadašnjoj, drugoj fazi, rad na projektu se nastavlja, u obimu koji znatno odstupa od planiranog pre svega radi nemogućnosti obezbedjenja potrebnih sredstava.

Abstract

The investigation of ionization and non-ionization radiation protection in connection with the "Scientific-investigation activity program in the field of the environment protection in the Socialist Republic of Serbia".

This paper gives some basic informations of the project "The investigation of ionization and non-ionization radiation protection" The informations are concerning to the organization, to the program and to the first phase works.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA - ARANDJELOVAC, 29, 30, 31.V i 1.VI 1979.

mr RADICA MIJAILOVIĆ
ZAVOD ZA PREVENTIVNOMEDICINSKU ZAŠTITU - BEOGRAD

dr MARKO NIKOVIĆ
INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ" VINČA - BEOGRAD

OSNOVNI KONTAMINANTI PRIMARNOG KOLA ENERGETSKIH NUKLEARNIH REAKTORA

R E Z I M E

U radu su analizirani produkti koji se stvaraju u sistemima primarnog kola savremenih nuklearnih energetskih reaktora, kao i mogućnosti za smanjivanje koncentracije produkata koji najviše doprinose kontaminaciji sistema.

Dati su podaci iz literature o analizi osnovnih kontaminanata koji se stvaraju u rashladnim sistemima nuklearnih reaktora hladjenih vodom pod pritiskom. Konstantovano je da su osnovni kontaminanti rashladnih sistema iz grupe korozionih produkata Co-60 i Co-58, a iz grupe fisionih Zr-95, Nb-95 i La-140.

U V O D

U samom početku eksploatacije nuklearnih energetskih postrojenja zapažena je promena nivoa površinske aktivnosti u okolini komponenata sistema primarnog kola u toku rada, kao i za vreme prekida rada postrojenja. Takodje je uočeno da se menja doza zračenja kojoj se osoblje izlaže. Te pojave dovode se u vezu sa promenama koje se dešavaju u rashladnim sistemima primarnih kola. Sadržaji iz ovih sistema analizirani su - gama - spektromaterijskom metodom (1) pri čemu su korišćeni Ge(Li) detektori.

Nadjeno je da se u njima stvaraju, a i dospevaju radioaktivni produkti. Oni menjaju nivo radijacionog polja u okolini postrojenja, a samim tim i stepen izlaganja osoblja jonizujućem zračenju.

Iskustva pokazuju da nivo radijacionog polja zavisi, prvenstveno, od materijala koji se koriste za konstrukciju rashladnog sistema primarnog kola, kao i od vremena rada nuklearnih energetskih postrojenja.

Na ovom problemu radilo se veoma mnogo, jer poznavanje distribucije i stepena aktivnosti radioaktivnih materija u rashladnim sistemima ima veliki značaj. To je posebno važno za sprovodjenje mera zaštite i procenu očekivanog stepena izlaganja osoblja jonizujućem zračenju pri normalnim režimima rada nuklearnih energetskih postrojenja, naročito u slučaju akcidenta.

OSNOVI KONTAMINANTI I OČEKIVANI INTENZITET RADIJACIONIH POLJA U SISTEMIMA ELEKTRANA

Osnovni doprinos radijacionom polju, kao što je poznato, čine produkti korozije (2,3). Oni se stvaraju reakcijom rashladjivača sa materijalima od kojih je izgradjen sistem. U rashladjivač dospevaju erozijom i rastvaranjem. Prenose se do aktivne zone, aktiviraju se, a zatim transportuju i talože na raznim mestima primarnog kola, kao i po površini gorivnih elemenata. Sa porastom količine korozionih produkata raste nivo aktivnosti u primarnom kolu, a samim tim ograničava se pristup postrojenju i u vreme kada nije u pogonu. Naročito velike teškoće izaziva taloženje velikih količina korozionih produkata u sklopovima primarnog kola, koje povremeno treba remontovati, kao što su parogeneratori, cirkulacione pumpe i slično (3). Navedeni i drugi procesi ukazuju na značaj selekcije materijala za konstrukciju primarnog kola. U energetskim lakovodnim reaktorima koriste se materijali koji imaju nalu brzinu korozije, jer generatori i komponente ovih sistema imaju veliku površinu, a samim tim i uslove za stvaranje velike količine korozionih produkata. Materijali koji se najčešće koriste u SAD-u prikazani su na tabeli 1 (4).

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA - ARANDJELOVAC, 29, 30, 31.V i 1.VI 1979.

mr RADICA MIJAILOVIĆ
ZAVOD ZA PREVENTIVNOMEDICINSKU ZAŠTITU - BEOGRAD

dr MARKO NIKOVIĆ
INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ" VINČA - BEOGRAD

OSNOVNI KONTAMINANTI PRIMARNOG KOLA ENERGETSKIH NUKLEARNIH REAKTORA

R E Z I M E

U radu su analizirani produkti koji se stvaraju u sistemima primarnog kola savremenih nuklearnih energetskih reaktora, kao i mogućnosti za smanjivanje koncentracije produkata koji najviše doprinose kontaminaciji sistema.

Dati su podaci iz literature o analizi osnovnih kontaminanata koji se stvaraju u rashladnim sistemima nuklearnih reaktora hladjenih vodom pod pritiskom. Konstantovano je da su osnovni kontaminanti rashladnih sistema iz grupe korozionih produkata Co-60 i Co-58, a iz grupe fisionih Zr-95, Nb-95 i La-140.

U V O D

U samom početku eksploatacije nuklearnih energetskih postrojenja zapažena je promena nivoa površinske aktivnosti u okolini komponenata sistema primarnog kola u toku rada, kao i za vreme prekida rada postrojenja. Takodje je uočeno da se menja doza zračenja kojoj se osoblje izlaže. Te pojave dovode se u vezu sa promenama koje se dešavaju u rashladnim sistemima primarnih kola. Sadržaji iz ovih sistema analizirani su - gama - spektromaterijskom metodom (1) pri čemu su korišćeni Ge(Li) detektori.

Nadjeno je da se u njima stvaraju, a i dospevaju radioaktivni produkti. Oni menjaju nivo radijacionog polja u okolini postrojenja, a samim tim i stepen izlaganja osoblja jonizujućem zračenju.

Iskustva pokazuju da nivo radijacionog polja zavisi, prvenstveno, od materijala koji se koriste za konstrukciju rashladnog sistema primarnog kola, kao i od vremena rada nuklearnih energetskih postrojenja.

Na ovom problemu radilo se veoma mnogo, jer poznavanje distribucije i stepena aktivnosti radioaktivnih materija u rashladnim sistemima ima veliki značaj. To je posebno važno za sprovodjenje mera zaštite i procenu očekivanog stepena izlaganja osoblja jonizujućem zračenju pri normalnim režimima rada nuklearnih energetskih postrojenja, naročito u slučaju akcidenta.

OSNOVI KONTAMINANTI I OČEKIVANI INTENZITET RADIJACIONIH POLJA U SISTEMIMA ELEKTRANA

Osnovni doprinos radijacionom polju, kao što je poznato, čine produkti korozije (2,3). Oni se stvaraju reakcijom rashladjivača sa materijalima od kojih je izgradjen sistem. U rashladjivač dospevaju erozijom i rastvaranjem. Prenose se do aktivne zone, aktiviraju se, a zatim transportuju i talože na raznim mestima primarnog kola, kao i po površini gorivnih elemenata. Sa porastom količine korozionih produkata raste nivo aktivnosti u primarnom kolu, a samim tim ograničava se pristup postrojenju i u vreme kada nije u pogonu. Naročito velike teškoće izaziva taloženje velikih količina korozionih produkata u sklopovima primarnog kola, koje povremeno treba remontovati, kao što su parogeneratori, cirkulacione pumpe i slično (3). Navedeni i drugi procesi ukazuju na značaj selekcije materijala za konstrukciju primarnog kola. U energetskim lakovodnim reaktorima koriste se materijali koji imaju nalu brzinu korozije, jer generatori i komponente ovih sistema imaju veliku površinu, a samim tim i uslove za stvaranje velike količine korozionih produkata. Materijali koji se najčešće koriste u SAD-u prikazani su na tabeli 1 (4).

Tabela 1

Tip reaktora	K o m p o n e n t e	M a t e r i j a l i
PWR	generator pare	inkonel-600
	obloge za goriva i nosači goriva	cirkaloj
	cevovodi	nerdjajući čelik
BWR	obloge suda, cevovodi itd.	nerdjajući čelik
	unutarnja konstrukcija jezgra	inkonel
	cevovodi za paru	karbonizirani čelik
	obloge za goriva i nosači goriva	cirkaloj

U ovim materijalima nalaze se primese Co-59, Ni-58, Cr-50, Fe-58 i Fe-54, koje na pomenuti način dospevaju u rashladjivač i aktivnu zonu gde dolazi do stvaranja aktivnih produkata nuklearnim reakcijama prikazanim na tabeli 2 (4).

Tabela 2

Produkti korozije	Produkti nuklearnih reakcija
Co-59	Co-59(n,y)Co-60
Ni-58	Ni-58(n,p)Co-58
Cr-50	Cr-50(n,y)Cr-51
Fe-58	Fe-58(n,y)Fe-59
Fe-54	Fe-54(n,p)Mn-54

Nadjeni su i drugi produkti korozije u rashladnim sistemima lakovodnih energetskih reaktora, ali su manjeg značaja. Osnovni kontaminanti iz grupe korozionih produkata su Co-60 i Co-58, jer se oni obrazuju u najvećoj količini. Dok su, na primer, kod teškovodnih reaktora u Vinči gama-spektrometrijskom analizom identifikovani sledeći radionuklidi: Na-24, Al-26, Cr-48, Cr-51, Mn-54, Mn-56, Co-57, Co-60, Zn-72, W-187. Uzorci teške vode uzeti su pri radu reaktora na 6,5 MW-a (1).

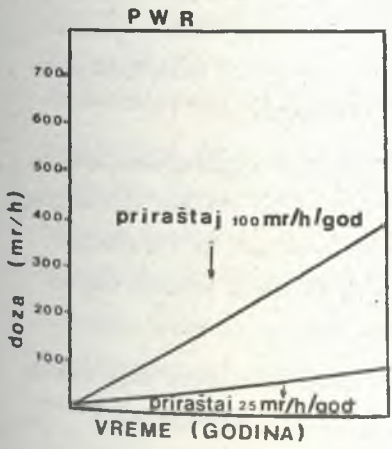
Količina korozionih produkata zavisi, očigledno, od sadržaja Co-59 i Ni-58 u materijalima koji se koriste za konstrukciju

rashladnog sistema. U SAD-u se za rashladne uredjaje koriste materijali sa primesama Co-59 manjim od 0,1%, a za manje kritične površine sa prisustvom prirodnog kobalta i do 50% (4). Kada se sadržaj Co-59 i Ni-58 dovede na minimum, sledeći problem je da se smanji korozija, transport, aktivacija, a kasnije depozicija kobalta. Korozija može da se smanji stalnim podešavanjem hemijske čistoće vode, kontrolom pH vrednosti, sadržaja kiseonika, vodonika, temperature, prisustva raznih aniona i brzine protoka, kao i izbacivanjem iz konstrukcije rapavih površina (3,4). Za nerdjajuće čelike brzina korozije može da se smanji dopunskim uvodjenjem vodonika ili LiOH u rashladni medij. Na taj način, menja se pH vrednost i iznosi 9,5-10,5. Postupak se koristi kod elektrana sa reaktorima PWR. Za karbonizirane čelike zadovoljavajuća koroziona stabilnost postiže se kod reaktora BWR održavanjem pH vrednosti na oko 10 do 11, a to se postiže uvodjenjem LiOH i smanjenjem sadržaja kiseonika do minimuma (3). Za smanjivanje brzine korozije u ovim sistemima koriste se i drugi materijali. Ispitivanja su pokazala da u odredjenim uslovima brzina korozije nerdjajućeg čelika u vodi visokog stepena čistoće kod reaktora PWR opada sa vremenom, nekad čak i po logaritamskom zakonu do izvesnog broja radnih časova nuklearne elektrane, a potom raste. Kod karboniziranih čelika, takodje, opada za reaktore BWR posle obrazovanja zaštitne prevlake oksida (3).

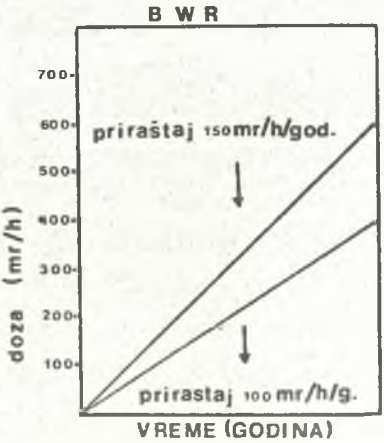
Osim korozionih, znatan doprinos radijacionom polju čine fisioni produkti, posebno sa smanjivanjem uzroka stvaranja korozionih produkata. Oni dospevaju u rashladni sistem kroz naprsline ili otvore koji ponekad nastaju na omotačima gorivnih elemenata u toku rada reaktora. Količina fisionih produkata oslobodjenih iz oštećenog goriva zavisi od prirode oštećenja, broja oštećenih gorivnih elemenata i vremena rada pogona sa prisutnim

oštećenjem. U zavisnosti od prirode oštećenja, u rashladni medij dospeće fisioni produkti različitih fizičkih i hemijskih osobina. Ispitivanjem radijacionog polja na raznim mestima sistema utvrdjeno je da najveći doprinos daju slabo rastvorljivi produkti, kao što su: Zr-95, Nb-95, La-140 (2). Jodidi su, takodje, značajni, naročito J-131, koji je rastvorljiv u rashladnom mediju. Na osnovu koncentracije J-131 zaključuje se o ozbiljnosti oštećenja - većoj koncentraciji odgovara ozbiljnije oštećenje. Otkrivanje oštećenja gorivnih elemenata i njihova lokacija veoma su važni za otklanjanje defekta, a samim tim i za smanjenje radijacionog polja i stepena izlaganja osoblja jonizujućem zračenju. Ako je rad postrojenja ujednačen, a prečišćavanje rashladjivača konstantno, koncentracija J-131 grubo je proporcionalna broju oštećenih gorivnih elemenata (2). Osim navedenih produkata, pri proceni nivoa radijacionih polja ovog sistema uzimaju se u obzir: prečnici cevi, debljina zida i drugi parametri (5). Analizirajući uticaj svih tih parametara, zapažen je linearni porast doze zračenje u odnosu na efektivno vreme rada elektrana sa reaktorima PWR i BWR kao što je prikazano na slikama 1 i 2.

Slika 1



Slika 2



Doze zračenja na spoljnim površinama sistema merene su na raznim lokacijama za vreme stajanja reaktora i na više elektrana sa reaktorima PWR i BWR. Nadjeno je da je očekivani priraštaj doze po godini različit za razne tipove elektrana. Ispitivanja su vršena četiri godine. Na elektranama sa reaktorima PWR taj priraštaj se nalazi u intervalu 25-100 mr/h, a za BWR reaktore u intervalu 100-150 mr/h. Porast radijacionog polja u okolini rashladnog sistema praćen je povećanom ekspozicijom osoblja jonizujućem zračenju. Smatra se da oko 90 odsto od ukupne doze zračenja potiče od izlaganja u toku rada na uredjajima unutar kontejmenta pri operacijama kao što su punjenje i zamena goriva, zatim uklanjanje istrošenog goriva itd. Manje od 15 odsto ekspozicije potiče od rada na drugim delovima reaktorskog postrojenja gde se, po pravilu, održava minimalni nivo radijacionog polja (4).

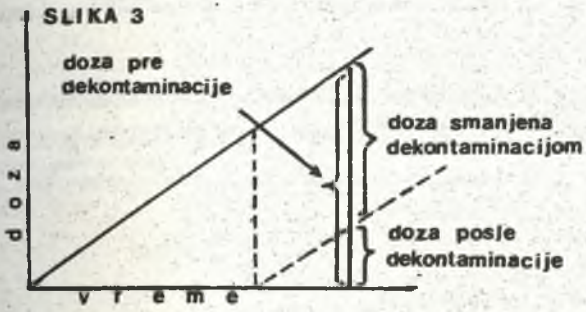
SMANJIVANJE IZLAGANJA OSOBLJA JONIZUJUĆEM ZRAČENJU I DEKONTAMINACIJA RASHLADNOG SISTEMA

U toku projektovanja i eksploatacije poklanja se izuzetna pažnja smanjivanju izlaganja osoblja jonizujućem zračenju u radnoj sredini i okolini nuklearnih energetskih postrojenja. Projekat treba da sadrži sve elemente koji obezbedjuju efikasnu zaštitu za vreme rada, kao i proračune o rasprostiranju ovih produkata po postrojenju i okolini u slučaju akcidenta (6).

Iskustva pokazuju da nivo izlaganja osoblja jonizujućem zračenju u ovim sredinama zavisi, prvenstveno, od stepena kontaminacije rashladnog sistema. Zbog toga se postupci za uklanjanje radioaktivnih produkata stvorenih u rashladnom sistemu neprekidno usavršavaju.

Kod energetskih lakovodnih reaktora dobre rezultate daje hemijska dekontaminacija. Sastoji se u dodavanju odgovarajućih

hemijskih sredstava rashladnom medijú. Slika 3 pokazuje očekivano smanjenje izlaganja zračenju posle hemijske dekontaminacije za osoblje koje radi na održavanju reaktora. Zatim, dobre rezultate daju i različite metode filtracije (4).



Drugi pristup u smanjivanju izlaganja osoblja jonizujućem zračenju, koji je, isto tako, efikasan, sastoji se u sprečavanju stvaranja, migracije i taloženja aktivnih korozionih produkata u komponentama sistema peimarnog kola. Obukom ljudstva može, takodje, da se izbegne nepotrebno izlaganje zračenju.

Z A K L J U Č A K

Osnovni kontaminanti rashladnih sistema lakovodnih reaktora su korozioni i fisioni produkti, a izlaganje osoblja jonizujućem zračenju zavisi od prisustva tih produkata u rashladnom mediju.

Radijaciono polje, koje potiče od rashladnog sistema, kao i nivo izlaganja osoblja jonizujućem zračenju u zoni nuklearnih energetskih reaktora, mogu znatno da se smanje rigoroznim izborom materijala i otklanjanjem drugih uzroka.

Korozija može da se smanji održavanjem hemijske čistoće vode i korišćenjem materijala sa malom brzinom korozije za rashladne sisteme.

Erozija može da se smanji primenom pogodnih površina i izbegava-

njem krivina u rashladnim sistemima.

Stvoreni radioaktivni produkti mogu da se uklone dekontaminacijom rashladnog sistema i povremenom drenažom nekih komponenata u sistemu.

Deponovanje čvrstih materijala u primarnom kolu može da se smanji laminarnim tokom, glatkim površinama i što manjim brojem preprека u sistemu.

Potreba za dekontaminacijom smanjuje se ograničavanjem taloženja radioaktivnih materija u mrtvim uglovima i korišćenjem horizontalnih tokova, kao i povremenom drenažom u delovima sistema gde je sporiji tok.

S U M M A R Y

R. Mijailović, M.M. Ninković

BASIC CONTAMINANTS OF POWER NUCLEAR REACTOR CIRCUITS

Products that are formed in primary circuit systems of modern power nuclear reactors, and possibilities to diminish levels of products that at the most contribute to contamination, are analysed.

Literary data on basic contaminants that are formed in the high pressure water cooling systems are presented. It is established that the basic contaminants of cooling systems are Co-60 and Co-58 in the corosive group, and Zr-95, Nb-95 and La-140 in the fission group.

L I T E R A T U R A

1. Mijailović R.: Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu 1975.
2. B.C.J. Neil: The contribution of fission products to radiation fields in a pressurized heavy water reactor, Conference on Reactor Shielding, Science Press, 1977.
3. Sivincev Ju.V.: Radiacionaja bezopasnost na jadernih reaktorah, Atomizdat Moskva 1967.
4. T.D. Murphy: An overview of the activated corrosion product reduction program for U.S. Power Reactors, Conference on Reactor Shielding, Science Press, 1977.
5. J. Elkert: Radiological experience in swedish boiling water reactors, Conference on Reactor Shielding, Science Press, 1977.
6. Gladki, E. i I. Kubik: Vihod radiaktivnih produktov v avariinih režimah raboti AES, Piještani ČSSR, oktobra, 1974.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac 29,30,31.05. i 01.06.1979.g.

Ninković M.M., Mladjenović O., *Kanduč M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
*Nuklearna elektrana "Krško"

OBUKA TEHNIČARA ZA POSLOVE ZAŠTITE OD ZRAČENJA NA NUKLEARNIM ELEKTRANAMA

Rezime: U ovom radu prikazan je program kursa koji je razradjen za obuku tehničara za poslove zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama. Kurs je realizovan u Centru obuku kadrova Instituta "Boris Kidrič" u Vinči, uz saradnju Odeljenja za zaštitu od zračenja nuklearne elektrane "Krško". Program kursa je odabran i srodjen tako da ga mogu bez teškoća pratiti i savladjivati kandidati koji poseduju predznanje iz prirodnih nauka na nivou srednje škole, odnosno odgovarajućeg stepena usmerenog obrazovanja. Programom je obuhvaćeno gradivo iz sledećih područja: atomske i nuklearne fizike, detekcije zračenja i instrumentacije, reaktorske fizike i tehnike, reaktorskih postrojenja, radijacione hemije, radiobiologije,dozimetrije, tehničke zaštite od zračenja, medicinske zaštite, kontrole radioaktivnosti okoline nuklearnih postrojenja, dekontaminacije i otpadnih radioaktivnih materijala i praktičnog dela. Praktični deo obuhvata upoznavanje sa reaktorima RA i RB i njihovim sistemima, sa poslovima zaštite od zračenja kod reaktora RA, sa organizacijom i radom Laboratorija i servisa za film i TL-dozimetriju, za kalibraciju dozimetrijskih i radijacionih instrumenata, za kontrolu radioaktivnosti okoline, za medicinsku zaštitu i za dekontaminaciju i radioaktivne otpadne materijale. Obuka polaznika kursa odvija se kroz teorijska predavanja i prateća računska i eksperimentalna vežbanja, konsultacije i kolokvijume. Praktični deo obuke obavlja se u Laboratorijama i pogonima Instituta. Polaznici koji uspešno završe kurs dobijaju svedočanstvo da su osposobljeni za rad na poslovima zaštite od zračenja na nuklearnim postrojenjima i mogu se vrlo brzo uključivati u operativne timove, u početku kao stažisti a potom i aktivni članovi.

Uvod

U ovom radu izloženi su osnovni podaci o programu kursa koji je namenjen za tehničare zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama i drugim nuklearnim postrojenjima. Razrada ovog programa pojavila se kao potreba u sklopu sa pripremom kadrova za našu prvu nuklearnu elektranu. Iskustva u obrazovanju kadrova za područje zaštite od zračenja, u Institutu "Boris Kidrič" datiraju od pre dvadesetak godina. Upravo onoliko koliko su stare potrebe za ovim kadrovima. Prvi organizovani kursevi odvijali su se početkom šezdesetih godina, kada je pripremano osoblje za poslove zaštite od zračenja kod teškovodnog nuklearnog reaktora RA (1). Specifični kursevi, različitog profila organizovani su i ranije (2). Na njima su obučavani polaznici za bezopasno rukovanje sa izvorima zračenja pri korišćenju u industriji, medicini, istraživanjima i slično. Uporedo sa ponovnim narastanjem interesa za korišćenje nuklearne energije za proizvodnju električne energije u prvim godinama ove decenije, pojavile su se ideje za potrebu intenzivnijeg obrazovanja kadrova u ovoj oblasti. Tako je krajem 1973 godine razradjena idejna skica obrazovnog programa pod radnim naslovom "Nuklearne elektrane juče, danas, sutra" (3). Sadržina ovog programa obuhvatala je sledeću problematiku: opšti pregled razvoja nuklearnih reaktora i nuklearne energetike; osnovne fizičko-tehničke karakteristike nuklearnih elektrana; nuklearne elektrane i radna i životna sredina; tehničko-pravni aspekti sigurnosti nuklearnih elektrana i energetsko-ekonomski aspekti izgradnje savremenih nuklearnih elektrana. Bilo je zamišljeno da se u okvirima ovih osnovnih tema razradjuju specifični programi sa informativno-stručnim ili obrazovnim ciljem, saglasno profilu slušalaca odnosno potreba. Na izvestan način program kursa o kome je reč u ovom radu predstavlja jednu od mogućih varijanti te osnovne zamisli.

Potrebno je naglasiti, da je za uspešnu realizaciju ovog kursa od ne malog značaja bilo oslanjanje na program predavanja i vežbanja koji se ostvaruje u okviru tzv. bazičnog kursa (1), koji već ima 25-godišnju tradiciju. Pri razradi osnovnog programa kursa korišćena su iskustva stečena do sada u svetu (4,5,6,7,8,9 i 10) i kod nas (11) na ovom polju.

Program kursa

Saglasno osnovnoj nameni kursa i želji da se kandidati obuče za kvalifikovano i profesionalno bavljenje poslovima zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama odnosno nuklearnim postrojenjima uopšte, u program kursa svrstano je odabrano gradivo iz atomske i nuklearne fizike, detekcije zračenja i instrumentacije, radijacione hemije i radiobiologije, dozimetrije zračenja, zaštite od zračenja, nuklearnih reaktora i njihovih sistema i praktičnog dela. Detaljniji sadržaj programa, razvrstan po osnovnim nabrojanim područjima izložen je u narednom tekstu.

Osnovni pojmovi iz atomske i nuklearne fizike. Struktura atoma, jonizacija i ekscitacija, karakteristično X-zračenje, struktura jezgra, izotopi, stabilnost jezgra, vrste raspada i emitovanog zračenja, osnovne i praktične merne jedinice za masu i energiju.

Radioaktivnost. Prirodna radioaktivnost, zakon radioaktivnog raspada, vreme poluraspada, aktivnost i specifična aktivnost, veštački izazvana radioaktivnost, sukcesivni raspad i sekundarna ravnoteža, radioaktivni materijali u sistemima nuklearnih reaktora, karta radioaktivnih jezgara, osnovne i praktične jedinice aktivnosti.

Interakcija zračenja i materije. Interakcija alfa i beta zračenja i materije, specifična jonizacija, zaustavna moć materijala, predaja energije po jedinici puta (LET), dometi alfa i beta čestica. Interakcija gama zračenja i materije, fotoefekat, komptonov efekat, efekat parova i anihilacije, linearni i maseni koeficijent apsorpcije, eksponencijalni zakon apsorpcije gama zračenja. Interakcija neutrona i materije, neelastični sudari, elastični sudari, zahvat neutrona, makroskopski efikasni preseci.

Detektori jonizujućih zračenja i osnovne prateće elektronske komponente. Osnovni vidovi i metode detekcije jonizujućih zračenja, jonizacione komore, proporcionalni brojači, GM-brojač, scintilacioni detektori, poluprovodnički detektori-silicijumski i Ge-Li. Osnovne prateće elektrons-

ke komponente, predpojačavači, pojačavači, brojači učestanosti pojave impulsa (rejtmetri), integratori. Višekanalni analizatori, miniračunari. Registratori, elektromehanički i magnetni.

Merenje zračenja i identifikacija radioaktivnih izvora. Statistika merenja, relativna i apsolutna merenja i korekcije. Spektrometrija gama zračenja pomoću NaJ(Tl). Spektrometrija gama zračenja pomoću Ge(Li)-detektora. Spektrometrija alfa zračenja pomoću poluprovodničkog Si-detektora. Specifičnosti otkrivanja i merenja pojedinih vrsta zračenja u čvrstoj, tečnoj i gasovitoj fazi i specifični detektori.

Hemijsko dejstvo zračenja. Hemijske promene izazvane zračenjem u materijalima od interesa za reaktorsku tehnologiju. Radioliza vode. Radijaciono-hemijski prinos (G-jedinica). Stvaranje i ravnotežna koncentracija H_2 ili D_2 u reaktorskim sistemima. Uloga nečistoća u radiolizi vode. Uticaj vrsta, energije, i intenziteta zračenja, temperature i pH vrednosti na radijaciono-hemijske prinose.

Radijaciono-biološki efekti. Radijacioni efekti, akutni efekti, pozni efekti, relativna biološka efikasnost. Ćelija kao osnovni element strukture biološkog tkiva, osetljivost ha zračenje, radijacione povrede. Somatski efekti na specifičnim supstancama i delovima tela. Efekti delovanja malih hroničnih odnosno velikih jednokratnih doza.

Nuklearni reaktori. Fisija i lančana reakcija, četvoro-faktorna formula, efektivni faktor multiplikacije. Osnovne komponente reaktora. Nuklearno gorivo. Kontrola reaktora, perioda, reaktivnost, reaktorski kontrolni sistemi. Osnovni tipovi reaktora. Reaktorski materijali. Reaktor kao izvor zračenja. Biološka zaštita.

Karakteristike nuklearnog dela elektrane "Krško". Osnovne karakteristike i komponente reaktora sa vodom pod pritiskom, gorivo i sistem za regulaciju i upravljanje, sistem za odvod toplote iz reaktora; sistem za sigurnosno ubrizgavanje; sistem za preradu tečnih, gasovitih i čvrstih radioaktivnih otpadnih materijala; sistem za hemijsku kontrolu i kontrolu tečnosti; sistem za radijacioni nadzor procesa i radioaktivnih ispuštanja; sistem ventilacije reaktorske zgrade, pomoćne zgrade i zgrade za rukovanje sa gorivom.

Prenosna oprema za kontrolu nivoa zračenja i kontaminacije u radnim i tehnološkim prostorijama elektrane; prenosni instrumenti za kontrolu kontaminacije površina i vazduha, sakupljači uzoraka radioaktivnih aerosola; individualno i druga zaštitna oprema za rad u radijaciono-kontaminacionim poljima. Organizacija službe zaštite od zračenja, propisi i uputstva (priručnik) za rad službe, organizacija rada u nominalnim radnim uslovima, pri zameni goriva i specifičnim remontima; delovanje u slučaju akcidenata.

Dozimetrija zračenja. Osnovne veličine i jedinice, doza ili apsorbovana doza zračenja, faktor kvaliteta zračenja, ekvivalentna doza, ekspoziciona doza, osnovne i praktične jedinice, dozimetrija spoljašnjeg izlaganja, izračunavanje doze zračenja od tačkastih izvora, specifična gama konstanta, dozimetrija unutrašnjeg ozračivanja, standardni čovek, efektivna energija po dezintegraciji, koncepcija graničnih doza, odnosno primarnih radijacionih standarda, granice doza za profesionalce, granice doza za stanovništvo, komitmentna doza.

Merenje doza zračenja, metode i instrumenti, jonizacioni metod i Breg-Gray-ov princip, vadzuh i tkiv-ekvivalentni materijali, instrumenti za merenja doza gama zračenja i neutrona; merenja doza individualnog izlaganja, film-dozimetar, TL-dozimetar, dozimetri sa direktnim očitavanjem, individualni dozimetri sa signalizacijom prekoračenja predoodredjene doze ili intenziteta doze zračenja; kalibracija dozimetrijskih instrumenata.

Tehnička zaštita od zračenja. Osnovni nivoi i vidovi izlaganja čoveka zračenju u životnoj sredini, profesionalno izlaganje zračenju, princip minimuma izlaganja, osnovne granice individualnih doza i radne granice; zaštita od alfa i beta zračenja; rutinske metode kontrole kontaminacije površina, vazduha i vode u radnoj sredini; zaštitna oprema i uredjaji za rad u radijaciono-kontaminacionim poljima, zaštita od specifičnih kontaminanata (tricijum, plemeniti gasovi itd.).

Zaštita od gama zračenja, vreme i rastojanje kao elementi zaštite, ekranizacija;zaštita od neutrona, izvori neutrona, interakcija neutrona sa materijalnim sredinama i specifičnosti detekcije,ekranizacije neutrona i složenih snopova zračenja.

Pravila i propisi kojima se reguliše rad sa izvorima zračenja u normalnim i akcidentalnim uslovima.

Medicinska zaštita od zračenja. Sadržaj i raspodela prirodno-radioaktivnih materijala u organizmu, spoljašnja i unutrašnja kontaminacija organizma, metode analize sadržaja radioaktivnih materijala u organizmu, merenje radioaktivnosti celog tela, biofizičke i biomedicinske metode za ocenu ozračenosti organizma u celini i pojedinih delova posebno, metode humane dekontaminacije.

Organizacija medicinske službe zaštite od zračenja i njeno funkcionisanje u normalnim i akcidentalnim situacijama.

Dekontaminacija i radioaktivni otpadni materijali. Vrste kontaminacija površina i predmeta i metode dekontaminacije, kontaminacija tečnih i gasovitih sredina i postupci dekontaminacije. Radioaktivni otpadni materijali, vrste i klasifikacija, mesta nastanka i načini sakupljanja, obrada privremeno i trajno odlaganje.

Kontrola radioaktivnosti okoline nuklearnih postrojenja. Osnovni radioaktivni izvori u okolini, rasprostiranje radioaktivnih materijala kroz spoljnu sredinu (disperzija, folaut i deponovanje čestica, pare i gasovi); metode merenja sadržaja radioaktivnih materijala u vazduhu, vodi, tlu, rastinju, namirnicama i sl., Osnovni elementi programa kontrole radioaktivnosti u okolini nuklearnih postrojenja.

Pretnodno izloženo gradivo obradjuje se sa polaznicima kursa u Centru za obuku kadrova, kroz predavanja i računska i eksperimentalna vežbanja. U drugom delu kursa kandidatima je omogućeno da provedu odredjeno vreme u pogonima nuklearnih postrojenja i Laboratorija za zaštitu od zračenja Instituta "Boris Kidrič". Ovaj deo programa praktične obuke obuhvata sledeće:

Upoznavanje sa osnovnim karakteristikama i sistemima reaktora RA i RB. Reaktor "nulte" snage RB i njegovi sistemi; Eksperimentalni reaktor RA i njegovi sistemi, aktivna zona i biološka zaštita reaktora, sistem za regulaciju i upravljanje, toplovodni sistem, gasni sistem, sistem tehničke vode kao sekundarno kolo za hladjenje reaktora, sistem za destilaciju teške vode; sistemi za kontrolu nivoa gama zračenja, radioaktivnih gasova i aerosola; sistemi spe-

cijalne ventilacije i kanalizacije.

Poslovi zaštite od zračenja kod reaktora RA. Kontrola opštih nivoa zračenja i lokalnih polja zračenja, metode merenja nivoa kontaminacije površina, metode merenja nivoa kontaminacije vazduha radioaktivnim gasovima i aerosolima, kontrola individualnog ozračivanja u redovnom pogonu i pri specifičnim poslovima; organizacija i radijaciona kontrola poslova u poljima zračenja; kontrola rukovanja (unutrašnjeg i spoljnjeg transporta) sa radioaktivnim lmaterijalima i kontaminiranim predmetima; postupci sa radioaktivnim otpadnim materijalima; analiza i upoznavanje sa nekim specifičnim akcidentima koji su se desili na reaktoru RA; metode rutinske kalibracije mernih uredjaja; zaštitna oprema; postupci u slučaju akcidenata; evidencija relevantnih podataka.

Laboratorija za dozimetriju. Servis za film dozimetriju, servis za TL-dozimetriju, servis za kalibraciju dozimetrijskih instrumenata.

Laboratorija za kontrolu radioaktivnosti okoline. Program kontrole radioaktivnosti okoline reaktora RA i Instituta u celini; načini i metode kontrole radioaktivnosti vazduha, tla, voda, rastinja, namirnica i sl.; meteorološka merenja.

Laboratorija za dekontaminaciju i radioaktivne otpadne materijale. Metode i tehničke dekontaminacije površina, predmeta, voda i sl.; Sakupljanje i postupci sa radioaktivnim otpadnim materijalima, preliminarna obrada i smeštaj otpadnih materijala.

Laboratorija za medicinsku zaštitu. Metode medicinske kontrole zdravlja osoblja koje radi sa izvorima zračenja; metode kontrole interne kontaminacije organizma, merenje radioaktivnosti celog tela, praktične metode i tehnike humane dekontaminacije.

Realizacija kursa

Kompletna realizacija programa kursa izvodi se u Centru za obuku kadrova Instituta "Boris Kidrič". Kurs se odvija kroz teorijska predavanja i prateća računska i eksperimentalna vežbanja, konsultacije i kolokvijume. Posebna pažnja posvećena je praktičnoj obuci koja se izvodi u pogonima i laboratorijama Ins-

tituta čija je problematika uključena u program kursa. U toku ove obuke kandidatima se pruža mogućnost da se detaljno upoznaju sa reaktorima RA i RB i njihovim sistemima. Naročito je pri tome interesantno upoznavanje sa osnovnim komponentama reaktora RA, koji u izvesnom smislu može da posluži kao primer rudimentarnog reaktora nuklearne elektrane. Polaznicima se takodje omogućuje da se upoznaju sa opremom metodama organizacijom poslova zaštite od zračenja vezanim za eksploataciju reaktora. Takodje, dobijaju uvid u organizaciju i funkcionisanje servisa i laboratorija koji su neophodni za rešavanje svih problema zaštite od zračenja, koji nastaju u procesu normalne eksploatacije, remontnih poslova ili akcidentalnih situacija na nuklearnim postrojenjima.

Na realizaciji kursa, održavanju predavanja i vežbanja angažuje se oko 50 nastavnika i asistenata. Za sva predavanja, eksperimentalne vežbe i praktičnu obuku obezbedjeni su pisani materijali u formi knjiga i skripata. Kurs traje 32 efektivna radna dana sa 6 do 7 časova dnevno predavanja, vežbanja, konsultacija, kolkvijuma ili praktične obuke.

Zaključak

Kao što se može videti iz prethodno izloženog,program kursa za obuku tehničara zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama je ekstenzivan po obimu, a izvodi se intenzivno u toku vremenskog perioda nešto kraćeg od dva meseca. To predstavlja značajn napor za polaznike i zahteva njihovo maksimalno angažovanje za uspešno savladjivanje celokupnog gradiva. Medjutim, smatramo da ovako koncipiran program obuke predstavlja garanciju dobre obučenosti osoblja, koje treba operativno da realizuje program zaštite od zračenja na nuklearnoj elektrani na efikasan i zadovoljavajući način.

Kandidati koji uspešno savladaju gradivo ovog kursa dobijaju svedočanstvo da su osposobljeni za bavljenje poslovima zaštite od zračenja na nuklearnim elektranama i mogu se vrlo brzo uključiti u operativne timove najpre kao stažeri a potom i kao aktivni članovi.

Minković M.M., Mladjenović O., *Kanduč M.
"Boris Kidrič" Institute of Nuclear Sciences
*"Krško" Nuclear Power Plant

TRAINING COURSE IN RADIATION PROTECTION FOR REACTOR HEALTH PHYSICS TECHNICIANS

Abstract

This paper describes a new course, the Nuclear Radiation Protection Course provided by the Educational Center of the "Boris Kidrič" Institute together with "Krško" Nuclear Power Plant, for reactor health physics technicians. First part of the course program are foundation subjects including atomic and nuclear physics, reactor physics, radiation interaction and detection, radiobiology, nuclear instrumentation, nuclear engineering, reactor materials and radiochemistry. The engineering section is designed ti give the candidates an understanding of the principled of reactor plant information; reactor plant operation and safety. Second part of the course cover the normal topics in radiation protection with special attention to dosimetry, radiation shilding, operational radiation control methods, medical protection methods, environmental radiation control, decontamination, waste manegement and reactor accident and their handling. A sequence of standardised practicals is followed by experimental projects occupying .... of the seven weeks course. Visiting lectures and visits to nuclear reactors and Laboratories are arranged to give the candidates a view of the field of health physics in the "Boris Kidrič" Institute. Candidates which pass successfuly this course can be accepted relativly rapidly into the operating team of a nuclear power plant.

Literatura

1. Milošević M., Mladjenović O., Šotić O., Obuka kadrova za rukovanje radioizotopima i pogon nuklearnih reaktora u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, Zbornik radova Konferencije o korišćenju nuklearnih reaktora u Jugoslaviji, Beograd 17-19 maj 1978.

2. Draganić M., i dr., Bazični kurs za obuku kadrova za rad sa radioaktivnim izotopima, Interna dokumentacija Instituta "Boris Kidrič" u Vinči, 1956.

3. Ninković M.M., Strugar P., Mataušek M., Nuklearne elektrane juče, danas, sutra; Interna dokumentacija Instituta "Boris Kidrič", u Vinči, 1973.

4. Morgan Z.K., Graduate Programs for the Health Physicist in the United Stetes, Health Physics, Vol.11, pp 895-915,1965.

5. Moe J.H., Lasuk R.S., Schumacher C.M., Radiation Safety Technician training course, ANL-7291, September 1966.

6. Kathren L.R., Shipler B.D., Profile and educational opportunities of Health Physics Technicians, BNWL-SA-3745.

7. Kathren L.R., Characterization and Certification of Health Physics Technicians, Radiological Health and Data Reports, Vol.12, No.6, June 1971.

8. Zimer L.P., Proffessional development in Health Physics, XIX Annual Meeting of USA Health Physics Society, Houston, July 7-11, 1974.

9. Eger J., Kase R.K., Rich L.B., Advanced Radiation Safety Training Course for Monitors, UKRL-50789, December 1969.

10. Podgotovka eksploatacionovo personala atomnih elektrostancij, Sekcija V po atomnin, elektrostancijam postojanoj Komisiji SEV po elektroenergiji, avgust 1974.

11. Stih L., Vzgoja "nuklearnih tehnikov" v školskem centru Krško Zbornik radova Konferencije o korišćenju nuklearnih reaktora u Jugoslaviji, Beograd 17-19 maj 1978.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Aranđelovac, 29, 30, 31.05. i 01.06.1979.g.

P.S.Bojović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

PROJEKTOVANJE CILJEVA I PROGRAMIRANJE RAZVOJA SISTEMA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Rezime

U radu je izložena ideja o jednom celovitom i organizovanom sistemu za zaštitu od zračenja, kao i koncepcije za projektovanje ciljeva i programiranje razvoja ovoga sistema.

Izneti su razlozi za ovaj sistem, zatim opis sistema i njegovih segmenata. Razmatran je metodološki pristup za projektovanje ciljeva i programiranje razvoja sistema.

Na kraju je iznet predlog zadatka koji bi obradio potrebnu metodologiju.

1. Razlozi za formiranje i praćenje rada jednog savremenog sistema za zaštitu od zračenja

Radovi pripremljeni za ovaj simpozijum, kao i radovi koji su saopštavani na našim dosadašnjim simpozijumima, savetovanjima i drugim sastancima, pokazuju svojim obimom, strukturom i naučno-stručnim nivoom da u nas postoji vrlo solidna i visoko obrazovana kadrovska baza za mnoge oblasti zaštite od zračenja. Ovi radovi ukazuju i na činjenicu da je naša društvena zajednica izdvajala relativno značajna sredstva s obzirom na dosadašnje potrebe u ovoj oblasti.

Objavljeni radovi, kadrovski potencijali i sredstva jesu osnovne predpostavke za dobru zaštitu od zračenja i mi ih posedujemo. Medjutim, naša zaštita od zračenja, gledano u celini, nalazi se ispod našeg, sopstvenog dometa i to je osnovna karakteristika današnjeg stanja zaštite. Teško je proceniti šta i u kojoj meri nedostaje, bez prethodnog proučavanja i solidnih analiza proučenih materijala. Medjutim, neke stvari mogu da se sagledaju, bilo da su to uzroci ili kosekvence onoga što nedostaje za bolju zaštitu od zračenja.

Jedan od osnovnih uzroka današnjeg stanja jeste činjenica da nisu ozbiljno proučavane dugoročnije potrebe i odgovarajuće razvojne i praktične problematike zaštite, niti je zaštita od zračenja rasmatrana kao jedinstven i celovit sistem sa postavljenim ciljevima i odredjenom politikom razvoja. U ovim okolnostima nije bilo podloga za startne odluke u cilju ozbiljnijeg usmeravanja naših ukupnih napora i rezultata. Na primer, bilo je dobro pripremljenih i organizovanih savetovanja za neke oblasti zaštite od zračenja, medjutim njihovi rezultati i zaključci koriste samo delimično, jer nemamo sistema koji bi ove rezultate eksploatisao u njihovom punom iznosu.

Zbog toga što nema usvojene politike i odredjenog sistema zasnovanih na naučno-stručnim podlogama i usaglašenih sa našim potrebama i mogućnostima, kosekvence su sve brojnije i veoma različite. Na primer, naše istraživačko-razvojne projekte i zadatke radimo sa najboljom voljom i uverenjem u njihovu potrebu, ali nismo baš sasvim sigurni da li su oni dobro usmereni i dimenzionisani. Pravimo propise bez prethodnih proučavanja, bez analize iskustava i potreba bez jasno postavljenih ciljeva. Ugradjujemo gromobrane bez stručnih procena o kolektivnoj dozi i riziku ozračivanja, a nemamo ni osnovnih analiza do kada se i u kome obimu oni mogu postavljati. Doduše, gromobrani se redovno kontrolišu, ali nikakva inspekcija nije obišla reaktore u Vinči skoro dvadeset godina. U nas se mnogo i dugo meri zračenje, distribucija i sadržaj radioaktivnih padavina i izotopa različitog porekla, ali mi još nemamo nekih osnovnih podataka kao zvaničnih osnova za mnoga rasmatranja; niti postoje analize da li je ovo što se meri dovoljno, suvišno ili deficitarno. Brižljivo se ispisuju dozvole za transport radioaktivnih izotopa, ali se dugo godina nije vodi-

la briga o ogromnim količinama otpadnih radioaktivnih materijala deponovanih u nuklearnim institutima; nije bilo dobro planiranje ni investicija u opremu za odredjene poslove zaštite od zračenja. Ovakve i slične stvari mogu se i dalje citirati, pa braniti i kritikovati sa skoro podjednakim uspehom. Medjutim to nije stvar ovoga referata, već jedne ozbiljnije analize sa ciljem da se za sistem zaštite od zračenja, kojeg moramo sagledati i postupno izgradjivati, iskoriste sva pozitivna i negativna iskustva našeg dosadašnjeg rada.

Postoji veći broj ozbiljnih razloga, doduše sa različitim stepenom urgentnosti, koji neminovno upućuju na potrebu da se sagleda celovit sistem i racionalna politika zaštite od zračenja. Od ovih razloga smatramo da je ovom prilikom i u ovom momentu važno citirati sledeće:

1. Naša zemlja krenula je putem mirnodopske primene nuklearne energije izgradnjom nuklearne elektrane Krško, procenama gradnje većeg broja elektrana do 2000 godine, rasmatranjem gorivog ciklusa, drugih nuklearno-industrijskih potencijala, kao i analizama o korišćenju nuklearno-energetskih sistema u proizvodnji nekih sirovina hemijske industrije.

2. Neke klasične tehnologije, naročito zbog svojih današnjih i planiranih dimenzija i kapaciteta, postavljaju vrlo ozbiljne probleme u domenu zaštite od zračenja. Na primer, to je sadržaj urana u nekim ugljevima. Zatim, u okolnostima intenzivne upotrebe prirodnih fosfata za veštačka djubriva uran i produkti njegovog raspada postaju značajna komponenta u ozračivanju šireg stanovništva.

3. Naučna saznanja i praktična dostignuća bio-medicinskih nauka u sferi rizika ozračivanja, i drugih nauka kada se radi o opravdanosti, optimizaciji i prihvatljivosti rizika, moraju i u nas pravovremeno dobijati odgovarajuća tumačenja i zakonske osnove primene, pogotovu kada su ove kategorije verifikovane na medjunarodnom nivou i kada su dobile status preporuke od strane kvalifikovanih organizacija ujedinjenih nacija.

4. Razvoj, pojave, pa i neki neočekivani dogadjaji u sferama mirnodopske i druge primene nuklearne energije, u kojima je

zaštita od zračenja jedan od najbitnijih elemenata sa gledišta bezbednosti šireg stanovništva, postaju sve značajniji faktor ekonomske, političke i strategijske pozicije u odnosima zemalja i blokova, a naročito na relaciji razvijeni-zemlje u razvoju. Zbog mesta i uloge naše zemlje u pokretu nesvrstanih, jedan solidan sistem zaštite od zračenja, su kome su ugradjeni elementi naše opreme, tehnologije, znanja i iskustva, bio bi značajna referenca, predmet interesovanja mnogih zemalja i svakako, materija koja u celini ili delovima može biti nestandardna stavka izvoza.

2. Kratak opis sistema

Stručnjacima zaštite od zračenja dobro je poznato da sistemi zaštite od zračenja variraju od zemlje do zemlje, bilo u celini ili u komponentama, u organizaciji, osnovnoj filozofiji itd. Modeli sistema, kako centralizovani tako i dispergovani, preduzimani su uglavnom od zemalja-velikih nuklearnih sila, koje su ove sisteme morale da izgradjuju, najpre zbog proizvodnje nuklearnog oružja, a zatim zbog mirnodopske primene nuklearne energije, naročito u energetske svrhe.

Variranje sistema zaštite od zračenja uslovljeno je sa više faktora, tako da se teško može naći sistem koji bi u svemu bio jednak u dve ili više zemalja. Ovo je sasvim normalno s obzirom na želju i nastojanja svake zemlje da za svoje potrebe izgradi što bolji sistem i da u njega ugradi svoje osobenosti, postojeće strukture, reference i ostalo od značaja za ovu važnu oblast.

Što se tiče sistema zaštite u nas, očigledno je da se adekvatan model ne može naći, u prvom redu zbog našeg ustavno-pravnog i društveno-političkog sistema, odnosno zbog osobenosti koje iz njega proističu.

Sistem za zaštitu od zračenja, kao i svaki organizovan sistem, ima svoje segmente, tj. podsisteme, unutar kojih se nalazi veći ili manji broj komponenata.

U cilju kratkog opisa sistema za zaštitu od zračenja korisno je da se razmotre dve sledeće varijante: osnovni i optimalni sistem.

Osnovni sistem za zaštitu od zračenja mogao bi da sadrži segmente sledećih naziva:

1. Komitet za zaštitu od zračenja
2. Regulativa
3. Operativa
4. Inspekcija
5. Radijacioni monitoring

Ovo bi istovremeno bio i minimalni sistem, jer je skoro nemoguće da se na nivou današnjih potreba sprovodi zaštita od zračenja bez organizoanog sistema sa 5 citiranih segmenata.

Optimalni sistem za koji je kasnije dato šire obrazloženje, ima nešto veći broj segmenata. On, normalno, sadrži već citirane segmente, a takodje i sledeće:

6. Istraživanja i razvoj
7. Proizvodnja opreme
8. Školovanje kadrova
9. Informisanje javnosti

Sadržaj, zadaci i delatnosti u okvirima ovih segmenata, pod uslovom da oni čine optimalni sistem zaštite, mogu da se opišu na sledeći način:

1. Komitet za zaštitu od zračenja ili koordinaciono telo je neophodna institucija na današnjem stepenu razvoja i potreba zaštite od zračenja. Osnovni zadatak ove institucije nesumnjivo je kreiranje politike i strategije dugoročnog razvoja zaštite od zračenja, koordinacije rada koji se obavlja u raznim organima, radnim organizacijama i drugde. Povezivanje mirnodopske zaštite od zračenja sa potrebama Civilne zaštite i Opšte narodne odbrane. Deo poslova ove institucije opisan je nešto šire u radu "Prilog rasmatranju potreba i sadržaja rada jednog koordinacionog tela ili organa uprave zaduženog za poslove zaštite od zračenja"[1].

2. Regulativa je oblast koja je u nas dosta obradjivana; o njoj već dugo godina su dosta pisali i pravnici i stručnjaci koji profesionalno rade u zaštiti. Medjutim, naša aktuelna regulativa je daleko ispod naših potreba i mogućnosti u ovoj vrlo važnoj oblasti. Za regulativu zaštite od zračenja važno je podvu-

ći da se ona ne može stvarati izvan ukupne nuklearne regulative, koja obuhvata nuklearne elektrane, gorivi ciklus, tj. ceo kompleks nuklearne tehnologije, kao što je izloženo u dva dosta obimna rada [2,3] koje je inicirala Zajednica elektroprivrede Jugoslavije.

3. Operativa, tj. obavljanje poslova zaštite od zračenja, bilo poslova po ovlašćenju ili poslova za koje ovlašćenje nije bilo potrebno, do sada nije rasmatrano ni na kakvom skupu. Ovo je neophodna i urgentna potreba jer ni najbolja regulativa ni vrhunski rezultati istraživanja ne mogu nadoknaditi operativu, tj. sposobnost obavljanja poslova zaštite od zračenja. Zbog toga su za svaku pohvalu inicijative Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja za održavanje savetovanja i publikovanje pripremljenih referata.

4. Inspekcija mora biti profesionalno formirane i kadrovski osposobljena za sve vrste inspekcije koje proističu iz propisa i poslova zaštite od zračenja. Nije poznato da je po ovoj temi održan kakav seminar ili savetovanje.

5. Radijacioni monitoring je tema o kojoj se u nas govori već nekoliko godina. U do sada objavljenim radovima [4,5] koncipiran je da pored ostalih funkcija (civilna zaštita, narodna odbrana, programiranje istraživanja itd.), daje jedinstvenu meru o ukupnoj efikasnosti zaštite od zračenja za celu teritoriju i svo stanovništvo jedne zemlje. Bez ovoga sistema teško je koristiti savremena saznanja biomedicinskih i fizičko-tehničkih nauka u oblasti zaštite od zračenja, niti adekvatno koristiti medjunarodne preporuke koje se u mnogim zemljama postupno akceptiraju i zakonski regulišu. Nije poznato da se rasmatra formiranje radijacionog monitoringa uprkos činjenici da se sagledavaju potrebe koje su nezavisne od sopstvenog nuklearnog programa, i da u nas za radijacioni monitoring postoje znatni kadrovski potencijali, dugogodišnje iskustvo, reference i savremeni informacioni sistemi.

6. Istraživanja i razvoj u nas imaju vrlo dugu tradiciju i zapažene rezultate; ova delatnost je neophodna savremenoj zaštiti od zračenja, jer pored opštih problema, postoje sasvim odredjene problematike koje su specifične za regione, ili zavise od opšte politike zaštite i njenog razvoja. Koordinacija istraži-

vačko razvojnih programa obavlja se uglavnom na nivou projekata i u okvirima institucija koje se bave zaštitom od zračenja. Potrebna je koordinacija na republičkom i saveznom nivou i usaglašavanje sa opštim programom i razvojem zaštite od zračenja. Isto tako, potrebno je i ocenjivanje rezultata ovoga rada, naročito sa gledišta njihove praktične primene, ili podloga za dalji rad uopšte. Jedno savetovanje ovakvog karaktera, po temi dozimetrije zračenja[6] organizovalo je Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja. Bila bi velika šteta ako se ne bi obezbedili potrebni uslovi za dalje sprovodjenje zaključaka sa ovoga savetovanja. No, to je samo jedno od savetovanja kakvih bi trebalo da ima više ako se žele da eksploatišu rezultati istraživačko-razvojnog rada.

7. Proizvodnja opreme je bitan preduslov jednog nezavisnog sistema za zaštitu od zračenja. Ovde se ne misli samo na uredjaje za merenje zračenja, njihovo baždarenje i atestiranje, nego i na ostalu opremu od koje se dobar deo proizvoda ili može proizvoditi u našoj zemlji. Jedan celovit sistem za zaštitu od zračenja, sa odredjenim ciljevima i programom razvoja, vrlo je pogodan da se na osnovu njega čine analize, sagledavaju i programiraju potrebe i njihov obim. Ovo sagledavanje bilo bi od velike koristi za organizacije koje se bave razvojem i proizvodnjom opreme.

8. Školovanje kadrova zauzima vrlo važno mesto u sistemu zaštite, obzirom na poznatu činjenicu da se radi o kadrovima različitih profesija i različitog nivoa obrazovanja, i da su za svaku profesiju i svaki nivo, pored osnovnog obrazovanja, potrebni dopunsko-specijalističko obrazovanje i odgovarajuća praksa. Za obrazovanje kadrova potrebno je vreme i to je faktor sa kojim se mora računati. Zbog toga, potrebe kadrova moraju se pravovremeno sagledavati saglasno razvoju sistema zaštite i stvarati adekvatni programi i drugi uslovi za njihovo školovanje. Valja podvući da se kadrovi tj. kadrovi obrazovani za potrebe zaštite od zračenja, ne mogu stvarati preko noći, ni dekretom ni kreditom, već odgovornim planiranjem i ozbiljnim školovanjem uz odgovarajuću praksu.

9. Informisanje javnosti jeste delatnost od višestrukog značaja za efikasnost sistema u normalnim i vanrednim prilikama, a istovremeno i obaveza prema društvu u celini. Iz kompleksa potreba i obaveza da se javnost odgovorno informiše o najvažnijim aspektima zaštite od zračenja citiraćemo ovom prilikom samo dva razloga:

a) Šira javnost ne poseduje osnovna znanja ni iskustva koja su potrebna za stavove prema izvorima zračenja, riziku ozračivanja i zaštiti, pa nema ni kriterijuma za ispravno reagovanje niti za akcije i mere zaštite. Slučaj je sasvim drugojačiji kada se radi o nekim aspektima zaštite okoline, saobraćaju ili nekoj drugoj delatnosti za koju javnost poseduje i znanje i iskustvo. Kada poseduje znanje, iskustvo ili informacije, javnost vrlo ispravno i sa sigurnošću reaguje, bilo da kritikuje neispravnosti i neodgovorna ponašanja, bilo da pozdravlja, podržava i učestvuje u sprovodjenju mera koje su društveno opravdane i korisne.

b) Informisanje javnosti omogućiće potpuniju društvenu kontrolu u rad i efikasnost sistema a takodje i uvid u osnovne norme čije usvajanje nije samo stvar stručnjaka i organa uprave.

Zbog citiranih i drugih razloga, a naročito zbog vanrednih situacija, u svetu se čine značajni napori, ulažu sredstva i angažuju poznati stručnjaci da ova oblast bude što dostupnija stanovništvu.

Citirani segmenti, sa svojim veoma različitim unutrašnjim i spoljašnjim funkcijama predstavljaju, nesumnjivo, jedan heterogeni skup. Medjutim, ako se posmatraju zajednički ciljevi ovih segmenata, onda se dobija sistem koji se u istinu sastoji od heterogenog skupa, ali skupa u kome su segmenti povezani funkcionalno i to višestrukim i dvosmernim tokovima.

U ovakvom sistemu, u kome su ciljevi zajednički, svaki segment dobija svoju pravu zajedničku funkciju a time dinamiku razvoja, dimenziju i ostalo što je potrebno za optimalni razvoj sistema za zaštitu od zračenja.

3. Rasmatranje metodološkog pristupa za projektovanje ciljeva i programiranje razvoja sistema za zaštitu od zračenja

Za projektovanje raznih sistema postoje odredjene teorijske osnove. Medjutim, u toku izrade ovoga referata nije bilo na raspolaganju neke odredjene metodologije za projektovanje ciljeva i programiranje razvoja jednog sistema za zaštitu od zračenja. Zbog toga su za ovo rasmatranje poslužile metodologije koje se koriste za neke druge sisteme, a prvenstveno one koje se praktikuju za naše domaće potrebe.

Iz okvira ovih metodologija uzete su one koje istovremeno ispunjavaju tri sledeća kriterijuma:

- odredjen stepen primenjivosti na sistem za zaštitu od zračenja
- savremenost
- verifikacije na jednom ili više sistema.

Prema postojećem uvidu i saznanju ove kriterijume dobrim delom ispunjavaju naša hemijska industrija i informatika, pa su zato najviše konsultovani radovi [7,8,9,10] koji tretiraju metodologije za projektovanje ciljeva i strategije razvoja u ovim oblastima.

Projektovanje ciljeva, politike i strategije, planiranje dugoročnog i srednjoročnog razvoja, realizacije planova kao i funkcionisanje operative jesu neodvojive aktivnosti jednoga sistema za zaštitu od zračenja. Sve ove aktivnosti odvijaju se i teku paralelno za svo vreme egzistencije sistema. Medjutim, valja odmah reći da se intenziteti i dimenzije ovih aktivnosti menjaju sa vremenom, tako da dolazi do simultano-sekvencijalne izmene intenziteta i volumena aktivnosti. Na primer, u početku dominira aktivnost na projektovanju ciljeva i analizama koje su potrebne za utvrdjivanje politike i strategije razvoja. U kasnijim fazama ova aktivnost opada, ali i dalje traje sa smanjenim intenzitetom, jer je glavni deo posla obavljen, dok raste intenzitet aktivnosti na realizaciji planova, a zatim na funkcionisanju operative, istraži-

vanju, radijacionom monitoringu itd.

Sve ove aktivnosti mi i danas obavljamo, ulažemo dosta napora i znanja, postižemo i dobre rezultate, ali sve je to sa relativno malim ukupnim efektom zbog nedostatka jednog organizovanog sistema.

Za razmatranje metodološkog pristupa sve aktivnosti mogu da se svrstaju u tri sledeće grupe:

I Projektovanje ciljeva i politike
II Programiranje razvoja
III Realizacije i funkcionisanje

Svaka od ovih grupa, čiji se nazivi mogu da prime uslovno, sadrži veći broj aktivnosti, koje takodje mogu ići simultano ili sekvencijalno.

Kao što je već rečeno, aktivnosti po ovim grupama traju kontinualno, tj. za celo vreme egzistencije sistema, a to je osnovna razlika od projektovanja i izgradnje tehničkih objekata, na primer neke kuće, gde je izmena intenziteta aktivnosti isključivo sekvencijalnog karaktera. Pokušaćemo ove razlike da objasnimo šematski.

Na slici br.1. prikazan je dijagram aktivnosti kod projektovanja i gradnje jedne stanbene zgrade. Najpre se postavi cilj-stanbena zgrada-sa svim potrebnim opisima: veličina,broj stanova, kvalitet gradnje itd. Ova aktivnost predstavljena je krivom (a). Zatim dolazi aktivnost koja se naziva projektovanje, kriva (b), a po završetku ove aktivnosti dolazi sledeća, to je gradnja, kriva (c). Kriva (d) predstavlja prijem objekta-kuće, zatim useljavanje i njenu stalnu funkciju stanbenog prostora, to je horizontalni deo krive, koji može takav da ostane stotinu i više godina.

Na slici br.2. krive I,II i III predstavljaju odgovarajuće već citirane grupe aktivnosti u sistemu zaštite od zračenja. Jasno se vidi simultano-sekvencijalna izmena intenziteta aktivnosti za svaku grupu. Na primer, aktivnost na projektovanju ciljeva, I kriva, jeste kontinualan posao, jer se javljaju novi izvori zračenja, nova naučna dostignuća u sferi rizika ozračivanja, menjaju se shvatanja o normama, stasavaju domaći kadrovi itd.

a sve to zahteva permanentno preispitivanje ciljeva, usaglašavanje politike i strategije razvoja. Korekcije i dopune ciljeva utiču i na razvoj-jasno sa odredjenim faznim kašnjenjem, tako da aktivnost na programiranju razvoja, kriva II, počinje nešto kasnije, a promena intenziteta aktivnosti ima sličan tok kao i kod I krive. Nešto je drugojačiji tok krive III, jer ova aktivnost realizacije i funkcioniranje, raste tokom vremena zbog rastućih potreba u oblasti zaštite od zračenja, bilo za normalne, akcidentalne ili vanredne okolnosti.

U okviru ovoga rasmatranja potrebno je da se sa nekoliko reči opišu osnovne koncepcije, poslovi i procesi za tri citirane grupe aktivnosti.

I Projektovanje ciljeva nesumnjivo je delikatna i odgovorna aktivnost. Ovde se sagledavaju ciljevi, usvaja politika i utvrdjuju dugoročni planovi razvoja. To je strategijski nivo rasmatranja i odlučivanja.

U okviru ove grupe postoji više aktivnosti sa većim ili manjim brojem akcija, procesa i poslova. Na primer, po ugledu na citirane radove[7,8,9,10] može da se postavi sledeća šema:

a) Postavljanje preliminarnih ciljeva
b) Snimanje stanja, analiza i sinteza
c) Uspostavljanje realističkih ciljeva
d) Utvrdjivanje politike i strategije razvoja
e) Izrada dugoročnog plana razvoja

a) Postavljanje preliminarnih ciljeva, koji se dele na dve osnovne kategorije: opšti i posebni. Ciljevi se postavljaju za rok od 5 do 10 godina, a na bazi sagledanih potreba i opšte ocene postojećih i perspektivnih mogućnosti sopstvenih potencijala. Pri uspostavljanju preliminarnih ciljeva potrebno je konsultovati veći broj kompetentnih osoba da bi se sačinila evidencija logičnih i realnih ciljeva.

b) Snimanje stanja po svim segmentima, prikazi zaštite u nekim zemljama, nove medjunarodne preporuke itd. Analiza i sinteza prikupljenog materijala. Ovo je vrlo obiman i odgovoran posao jer rezultati predstavljaju podloge za idući proces. Jedan

deo ove aktivnosti odvija se u Projektu "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja"(11).

c) Uspostavljanje realističkih ciljeva zasniva se na kritičkoj analizi preliminarnih ciljeva uz pomoć podloga koje su proistekle iz snimanja i analize stanja i potrebnih sinteza.

d) Utvrdjivanje politike i strategije razvoja proističe iz realističkih ciljeva, namene rezultata razvoja, ekonomske moći društva, raspoloživih kadrova i drugih sličnih kategorija. Utvrdjivanjem strategije definišu se u prvom redu putevi, mere i akcije kojima se na optimalan način očekuje realizacija postavljenih ciljeva.

e) Izrada dugoročnog plana razvoja može da se prihvati kao taktički nivo. Ovaj plan izradjuje se uglavnom za isti period vremena za koji se postavljaju ciljevi. To nije detaljan plan, ali vodi računa o svim merama i faktorima koji su relevantni za njegovu realizaciju.

II Programiranje razvoja zasniva se na utvrdjenoj politici i postojećem dugoročnom planu razvoja i predstavlja taktički nivo. Za neke oblasti programiranje razvoja realizuje se kroz dva plana: to je srednjoročni plan koji se pravi za 3 godine i godišnji koji se pravi za jednu godinu. Godišnji i srednjoročni plan akcije izradjuju se i donose svake godine. Naime, normalno je da se godišnji plan izradjuje i donosi svake godine, ali se i srednjoročni plan mora svake godine rasmatrati i preispitivati jer uvek nastaju pojave različitog karaktera koje utiču na realizaciju srednjoročnog plana. Ovo važi za regulativu, istraživačke projekte, radijacioni monitoring, skoro za sve delatnosti u domenu zaštite od zračenja.

III Realizacije i funkcionisanje uključujući i istraživački rad, to su aktivnosti koje su u nas najvećim delom radjene na visokom profesionalnom nivou. Dobar broj rezultata poznat je i na medjunarodnom planu. Iz ovih aktivnosti stečena su tokom godina dragocena pozitivna i negativna iskustva. U jednom organizovanom i planiranom sistemu ove bi aktivnosti dobile sasvim nov kvalitet.

4. Neposredan zadatak

U ovom radu ukazano je na potrebu jednog celovitog i organizovanog sistema za zaštitu od zračenja, a zatim je izneta koncepcija za projektovanje ciljeva i programiranje razvoja ovoga sistema. Ovaj sistem, očigledno, treba da intengriše i iskoristi sve ono što smo izgradili i što u nas postoji u oblasti zaštite od zračenja.

Za dalja razmišljanja i ocene u ovom smeru neophodno je da se najpre postavi zadatak koji bi obradio metodologiju projektovanja ciljeva i programiranje razvoja sistema za zaštitu od zračenja. Ovaj zadatak trebalo bi da se uradi na profesionalnom nivou i sa dobrim poznavanjem ukupne materije koju obuhvata sistem. Za realizaciju zadatka trebalo bi formirati manju grupu sastavljenu od stručnjaka koji poznaju teoriju i praksu sistema i stručnjaka sa širokim znanjem i iskustvom iz zaštite od zračenja.

Na kraju, mi ćemo imati zaštitu od zračenja i bez ovakvog pristupa, možda i vrlo dobru, ali bez jednog celovitog i organizovanog sistema ostaje veliki rizik da će naša zaštita biti ispod realnih potreba i ispod sopstvenih mogućnosti.

Literatura

1. Bojović P., Vidmar M., Prilog rasmatranju potreba i sadržaja rada jednog koordinacionog tela ili organa uprave zaduženog za poslove zaštite od zračenja, Radovi VII Jug.simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari, 1973.g.
2. M.Čopić, D.Popović, N.Raišić, P.Bojović i S.Mitrović, Pregled potrebnih pravnih i tehničkih regulativnih mera u oblasti nuklearne energetike, Zajednica Jugoslovenske elektroprivrede, Beograd, 1973.g.
3. P.Bojović, S.Rodić, Nuklearna regulativa i izgradnja nuklearnih elektrana, Zbornik radova II Savetovanja, Razvoj nuklear-

nih elektrana u elektroprivredi Jugoslavije, aprila 1976,Dubrovnik

4. P.Bojović, S.Muždeka, Radijacioni monitoring u svetlu naših zakona i postojećih mogućnosti, Materijali IX Simpozijuma Jug.društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 31.05.-03.06.1977.

5. S.Muždeka, Environmental Monitoring, "Boris Kidrič" Institut Proceeding of the Third International Summer School on Radiation Protection, Herceg-Novi, Jugoslavija, 1976.

6. Savetovanje o ličnoj dozimetriji, Novi Sad 1978.g. Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja(u pripremi za štampu)

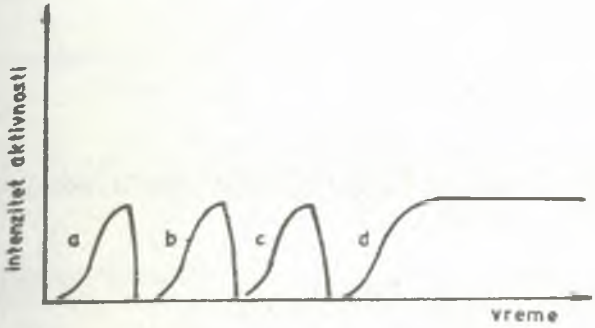
7. Ljubiša Milosavljević, Osnove metodološkog pristupa IHTM-CTE kod izrade projekta politike (ciljevi) i strategije dugoročnog razvoja hemijske industrije, IHTM-OOUR CTE, Beograd,1978.

8. Ljubiša Milosavljević i Aleksandar Dedijer, Metodlogija projektovanja politike i strategije razvoja u hemijskoj industriji, IHTM-Projekcija politike i strategije razvoja hemijske industrije Jugoslavije za period 1976-1980, Beograd,1975.

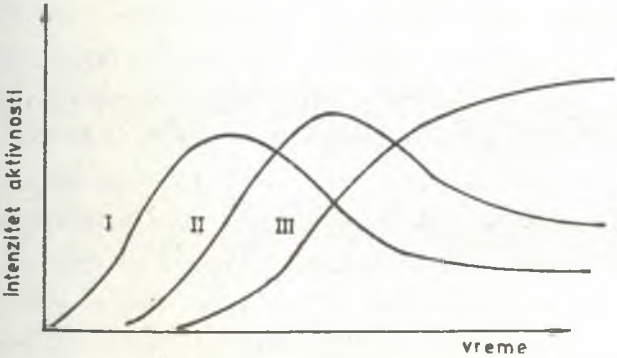
9. S.M.Jovanović, F.M.Jovanović, O metodologiji projektovanja i razvoja složenih integrisanih informacionih sistema, IBK-1445, Institut "Boris Kidrič",1977.

10. Miodrag Petrović, koordinator projekta "Informacioni sistem čovek i životna sredina" usaglašen medjurepublički projekat IBK, septembar 1978.

11. Milan Zarić,rukovodilac projekta, "Istraživanje zaštite od jonizujućih i nejonizujućih zračenja",usaglašen Projekat VII/3 RZNS, IBK 1977.g.



SL. br 1 DIJAGRAM PROJEKTOVANJA I IZGRADNJE JEDNE STAMBENE ZGRADE



SL. br 2 DIJAGRAM AKTIVNOSTI KOD PROJEKTOVANJA CILJEVA I PROGRAMIRANJA RAZVOJA JEDNOG SISTEMA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31. V i 1. VI 1979.

Berislav Momčilović

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UTJECAJ CELULOZNIH VLAKANA U HRANI NA APSORPCIJU I RETENCIJU RADIOAKTIVNOG ^{85}Sr

Dodatak tri, šest, ili dvanaest posto celuloznih vlakana mlijeku u prahu nije utjecao na apsorpciju i retenciju radioaktivnog ^{85}Sr u tijelu i femuru šest tjednih štakora.

UVOD

Jedan od biološki najopasnijih radionuklida koji se oslobadjaju u procesima nuklearne fisije je ^{85}Sr, kako zbog dugoga vremena poluraspada tako i zbog metaboličke sličnosti sa esencijelnim elementom kalcijem kojega može zamjeniti u procesima stvaranja koštanog tkiva (1,2). Za smanjenje apsorpcije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta korištene su s djelomičnim uspjehom alginati (3), fosfati (3,4) i kelatogene supstance (6,7). Najnoviji rezultati istraživanja na području fiziologije mineralnog metabolizma ukazuju da biljna vlakna u hrani smanjuju apsorpciju nekih mikro i makro elemenata (8,9). Zato je svrha ovoga rada da ispita u kojoj mjeri celulozna vlakna dodana mlijeku u prahu utječu na apsorpciju i retenciju radioaktivnog ^{85}Sr u organizmu.

MATERIJAL I METODE

Četrdeset ženki bijeloga štakora u dobi od šest tjedana podijeljeno je metodom slučajnog izbora u četiri jednake skupine. Prva skupina životinja hranjena je s mlijekom u prahu (Novo instant mleko, Pomurka, Murska Sobota), druga je skupina hranjena s mlijekom u prahu koje je sadržavalo 3% celuloznih vlakana (Teklad Mills, Madison, Wisconsin, USA), a treća i četvrta skupina hranjene su sa mlijekom u prahu koje je sadržavalo 6% odnosno 12% celuloze. Životinje su smještene u individualne metaboličke kaveze i hranjene odnosno napajane sa destiliranom vodom po volji. Nakon tri dana pretretmana svaka je životinja primila peroralno pomoću želučane sonde 2 µCi ^{85}Sr/ml (Nuclear Centre, Amersham, England). Sedam dana kasnije životinjama je izmjerena ukupna tjelesna radioaktivnost ^{85}Sr pomoću scintilacijskog brojača NaI(Tl) (Tobor, Nuclear Chicago, USA), a takodjer je izmjerena i radioaktivnost ^{85}Sr u femuru pokusnih životinja. Značajnost razlika ispitana je Duncan-ovim testom višestrukih usporedjenja (10).

REZULTATI I DISKUSIJA

Dodatak celuloze hrani u koncentracijama od 3%, 6% ili 12% nije utjecao na apsorpciju i retenciju radioaktivnog ^{85}Sr u cijelom tijelu ili femuru pokusnih životinja. Tako je retencija ^{85}Sr u tijelu životinja hranjenih sa mlijekom u prahu odnosno mlijekom u prahu sa dodatkom 3%, 6% ili 12% celuloznih vlakana iznosila (aritmetička sredina ± SD) za svaku od nabrojenih skupina redom 39,7 ± 9,1, 44,3 ± 5,5, 43,1 ± 5,5, odnosno 37,5 ± 7,0 posto od primijenjene doze ($P > 0,05$). Isto tako je i retencija ^{85}Sr u femuru životinja iznosila 2,21 ± 0,53, 2,42 ± 0,61, 2,38 ± 0,37, i 2,10 ± 0,41 posto od primijenjene doze za životinje u čijoj se hrani nlazilo mli-

jeko u prahu kojem je dodano 3%, 6% ili 12% celuloze ($P > 0,05$).

Iz ovih podataka proizlazi da celulozna vlakna nisu pogodno sredstvo za smanjenje interne kontaminacije stroncijem. Mada su van Soest i Roberston (11) pretpostavili da celuloza može u sebi vezati vodu a time možda posredno i mikroelemente, evidentno je da celulozna vlakna ne utječu na vezivanje radioaktivnog stroncija te da je u tome smislu celuloza inertna, odnosno da ne pokazuje adsorptivna svojstva ili mogućnost izmjene iona u biološkom materijalu. Na osnovu toga može se pretpostaviti da se opisani učinci biljnih vlakana na apsorpciju nekih esencijelnih mikroelemenata (8,9) ne mogu pripisati celulozi. Biljna su vlakna, medjutim, heterogena i još uvijek nedovoljno definirana skupina supstanci medju koje kao karakteristični predstavnici spadaju celuloza, hemiceluloza i lignin (11). Stoga je u daljnjim istraživanjima potrebno ispitati utjecaj hemiceluloze i lignina na apsorpciju i retenciju radioaktivnog ^{85}Sr u organizmu.

SUMMARY

Milk powder diet containing three, six or twelwe percentage of cellulose type dietary fibre does not interfere with either ^{85}Sr absorption or retention in the whole body and femur of six-week old female rats.

LITERATURA

1. Comar, C.L., Wasserman, R.H., Mineral Metabolism, 2, 523, 1964, Academic Press, New York, USA.

2. Stara, J.F., Nelson, N.S., Della - Rosa, R.J., Bustad, L.K., Health Phys., 20, 113, 1971.

3. Gruden, N., Kostial, K., Buben, M., Arh. hig. rada toksikol., 21, 27, 1970.

4. Kostial, K., Lutkić, A., Gruden, N., Vojvodić, S., Harrison, G.E., Int. J. RAdiat. Biol., 6, 431, 1963.

5. Kostial, K., Šimonović, I., Pišonić, M., Nature, 215, 1181, 1967.

6. Rosenthal, M.W., Radioisotopes in the biosphere, 541, 1960, Univ. Minnesota, USA.

7. Šlat, B., Vojvodić, S., Maljković, T., Kostial, K., Arh. hig. rada toksikol., 19, 41, 1968.

8. Reinhold, J.G., Faradji, B., Abadi, P., Ismail - Beigi, F., J. Nutr., 106, 493, 1976.

9. Sandstead, H.H., Munoz, J.M., Jacob, R.A., Kleavy, L.M., Reck, S.J., Logan, Jr. G.M., Dintzis, F.R., Inglett, G.E., Shuey, W.C., Amer. J. Clin. Nutr., 31, 180, 1978.

10. Duncan, D.B., Biometrics, 11, 1, 1955.

11. Van Soest, P.J., Roberston, J.B., Dietary fibre, 13, 1976. Dalhousie Univ. Halifax, Nova Scotia, Canada.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

B. Pejušković, D. Djurakić, T. Bojović, O. Nikolić, V. Pešić i M. Milovanović
Zavod za preventivnu medicinu VMA - Beograd

PRILOG RADIOLOŠKOJ DEKONTAMINACIJI DELOVA GLAVE

Na eksperimentalnim životinjama /prasići/ izvršeno je ispitivanje efikasnosti R dekontaminacije pojedinih delova glave /uši i oči/ metodama i sredstvima koji se inače koriste u dekontaminaciji kože. Rezultati ispitivanja su pokazali da je procenat uklonjene aktivnosti nešto niži u odnosu na kožu što se tumači slabijoj pristupačnosti ovoj regiji glave.

Uvod

Iskustvo u radiološkoj dekontaminaciji govori u prilog postojanja izvesnih razlika u efikasnosti uklanjanja kontaminanta u zavisnosti od stanja i vrste površine koja se dekontaminira. U okviru naših ranijih istraživanja uočili smo da te razlike postoje i kada se radi o površini tela odnosno kože. Smatramo da je ovo pitanje značajno sa stanovišta zbrinjavanja povredjenih i obolelih u ratu, pošto je mera dekontaminacije jedna od prvih u lancu zbrinjavanja kod masovnih povredjivanja.

Cilj rada

Ova ispitivanja su imala za cilj da se sagleda efikasnost uklanjanja kontaminanta sa delova glave /oči i uši/ koji su zbog svoje topografsko-anatomske konfiguracije delikatni i složeni za dekontaminaciju. Pri dekontaminaciji ovih delova koristiće se metode i sredstva koja se inače primenjuju u dekontaminaciji tela.

Materijal i metode

Kao kontaminant je korišćena sintetička radioaktivna prašina izradjena u laboratoriji Zavoda za preventivnu medicinu VMA. U njoj se nalazio radioaktivni jod-131 sa aktivnošću od 50 uCi/gr prašine. Za kontaminaciju uva nanošena je doza od 0,15 g po jednom uvu dok za oko ova doza je iznosila 0,10 g. Kontaminant je nanošen na površinu odozgo iz epruvete pokrivene sa dva sloja gaze. Ušni kanal u dubini je zaštićen manjim tamponom vate od prodora kontaminanta u dubinu kanala.

Kontaminirani su prasići težine 12-16 kg. Za svaku metodu dekontaminacije korišćeno je 10 prasića. Kontaminant je odstojavao na površini 10, 30 i 120 minuta. Merenje aktivnosti vršeno je monitorom KOMO-TN i radiološkim detektorom DR-M3 a dobijeni rezultati izražavani su u impulsima u sekundi /imp./sek./, odnosno kod DR-M3 u milirendgenima na čas. Rastojanje sonde brojača od kontaminirane površine iznosilo je uvek 1 cm, što je obezbedjeno posebnim nastavcima na sondi brojača. Merenje stepena aktivnosti vršeno je neposredno pre dekontaminacije i nakon uklanjanja kontaminanta.

Za dekontaminaciju uva primenjene su sledeće metode:

- uklanjanje toplom vodom i sundjerom,
- uklanjanje toplom vodom i sapunom,
- uklanjanje toplom vodom i deterdžentom.

Za dekontaminaciju očiju korišćen je dvopostotni vodeni rastvor sode bikarbone.

Vreme potrebno za dekontaminaciju uva iznosilo je 1,5 do 2 minuta a za oko 1-1,5 minut. Rezultati efikasnosti dekontaminacije izraženi su kao procenat uklonjene aktivnosti i kao faktor dekontaminacije. Tako izraženi rezultati sredjeni su u tabeli i prikazani samo zbirni rezultati.

Pri odabiranju sredstava i metoda R dekontaminacije nastojalo se da se koriste pretežno fizičko-hemijske metode i sredstva koja se primenjuju za delimičnu i završnu dekontaminaciju ljudi na sanitetskim etapama i u zdravstvenim ustanovama.

Rezultati i diskusija

U priloženoj tabeli 1. izneti su rezultati efikasnosti uklanjanja R kontaminanta sa uva i oka. Kako se vidi iz navedenih rezultata najveća efikasnost postignuta je upotrebom tople vode i sundjera koja se kreće posle 10 minuta odstojavanja 98,20%, posle 30 minuta 96,55% i posle 120 minuta 91,54%. Prilikom korišćenja sapuna efikasnost je nešto niža i kreće se nakon 10 minuta 95,03%, nakon 30 minuta 91,28% i nakon 120 minuta 89,20%. Nešto slabiji su rezultati pri korišćenju 1% vodenog rastvora deterdženta gde je efikasnost nakon 10 minuta 94,20%, nakon 30 minuta 92,01% i nakon 120 minuta 90,78%. Faktor dekontaminacije, slično kao i procenat uklonjene aktivnosti je najveći pri korišćenju tople vode i kreće se posle 10 minuta 94,55, posle 30 minuta 66,43 i posle 120 minuta 29,76. Pri korišćenju sapuna faktor se kreće od 46,34/10'/ do 17,23 /120'/, da bi pri korišćenju deterdženta iznosio 86,80 /10'/ do 17,59 /120'/. Slabiji efekat dekontaminacije uva pri korišćenju sapuna i deterdženta tumačimo "nošenje" kontaminanta penom sapuna i deterdženta u dubinu ušnog kanala i nemogućnost njegovog odstranjivanja iz tog područja zbog teže pristupačnosti. Posmatrajući vreme odstojavanja kontaminanta na površini u odnosu na efikasnost dekontaminacije vidimo da je ona bolja kada se sprovede odmah nakon kontaminacije /posle 10'/ nego ako se sprovede kasnije /120'/. Ova razlika je značajna i upućuje na što raniju dekontaminaciju kože. Ovde je dužina kontaminacije uticala na fiksiranje i prodiranje kontaminanta u dublje slojeve kože.

Pri analizi rezultata dekontaminacije očiju 2% vodenim

TAB. br. 1

REZULTATI DEKONTAMINACIJE							
U V O							
METODE DEKONTAMINACIJE		VREME DEKONTAMINACIJE					
		10 minuta		30 minuta		120 minuta	
		% UA	FD	% UA	FD	% UA	FD
Topla voda i sundjer	$\bar{X}$	98,20	94,55	96,65	66,43	91,54	29,74
	σ	1,55	55,07	6,30	72,00	8,18	31,54
Topla voda i sapun	$\bar{X}$	95,03	46,35	91,28	28,42	89,20	17,23
	σ	5,31	33,37	7,49	22,63	7,33	15,13
1% vodeni rastvor deterdženta	$\bar{X}$	94,20	86,80	92,01	19,40	90,78	17,59
	σ	10,75	60,80	6,10	15,63	6,13	10,60
O K O							
2 2% vodeni rastvor sode bikarbone	$\bar{X}$	95,60	26,39	93,79	18,83	91,79	13,94
	σ	1,68	10,20	2,74	6,69	2,18	3,35
PRIMEDBA: Svaka metoda je primenjena na grupu od po 10 prasića.							

rastvorom sode bikarbone vidimo da se efikasnost dekontaminacije kreće nakon odstojavanja kontaminanta u trajanju od 10 minuta 95,60%, posle 30 minuta 93,79% i posle 120 minuta 91,79%. Faktor dekontaminacije se kreće od 13,94 do 26,39.

Analizom rezultata efikasnosti R dekontaminacije uva vidi se da je ona dobra, ali ipak u odnosu na ranu kožu prasića kod koje je postignut efekat dekontaminacije od 98-99%, je slabija. Ovo tumačimo, kako smo napred predvideli, topografsko-anatomskom specifičnošću ove regije koja je teže pristupačna dekontaminaciji.

SUMMARY

RADIOLOGICAL DECONTAMINATION SOME PARTS OF HEAD

Efficiency of R decontamination of some parts of head /earsand eyes/ of experimental animals /pigs/ is studied by methods and means which are used for skin decontamination. The results of study showed that the percent of removed activity is slightly Lower in reference to skin which can be explained by fact that this part of head is Less accesible.

LITERATURA

1. DUNSTER H.I., EURATIOM Rpt.EUR - 2210, 1964

2. SCHEEL H. Kernengergie, 7, 197, 1964

3. MIJOVIĆ D., M. ŽIVADINOVIĆ, Zbornik radova V jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti od zračenja. No 31, Bled, 1970.

4. PEJUŠKOVIĆ B, T. BOJOVIĆ, O. NIKOLIĆ et al, Zbornik VMA 14, 1975.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja -
Arandjelovac, 29, 30, 31. V i 1. VI 1979.

Nevenka Gruden, B. Momčilović i Mirka Buben

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UTJECAJ CELULOZNIH VLAKANA U HRANI NA TRANSDUODENALNI TRANSPORT RADIOSTRONCIJA

Pet tjedana stare ženke bijelog štakora hranjene su tokom deset dana mlijekom u prahu kojem je dodano 6, 12 ili 24 % celuloznih vlakana (Teklad Mills, Madison, Wisconsin). Nakon toga životinje su žrtvovane a na izvrnutom duodenumu praćen je transport stroncija-85.

Transport radiostroncija kroz, kao i njegovo zadržavanje u samoj stijenci duodenuma nije se značajno razlikovalo izmedju eksperimentalnih grupa i kontrole koja je primala mlijeko u prahu bez dodatka celuloznih vlakana.

Uvod

Količini i vrsti fibroznih vlakana u dieti pripisuje se u posljednje vrijeme sve veći značaj. S jedne strane one sprječavaju pojavu nekih bolesti u probavnom traktu, dok s druge smanjuju apsorpciju nekih minerala - naročito kalcija, cinka i željeza (1). S obzirom na sličnost metabolizma kalcija i stroncija mi smo htjeli ispitati da li, i koliko, dodavanje raznih količina takvih vlakana dieti utječe na ponašanje radioaktivnog stroncija u probavnom traktu, odn. da li se takva dieta može koristiti u internoj dekontaminaciji.

Materijal i metode

Četrdeset ženki bijelog štakora, 5 tjedana starih, podijeljeno je u 4 jednake grupe prema koncentraciji celuloznih vlakana koja su tokom deset dana

primale dietom (mlijeko u prahu sa 6, 12 ili 24 % vlakana). Kontrolna grupa životinja primala je mlijeko bez dodatka vlakana. Desetog dana pokusa životinje su žrtvovane, a duodenalni segment je prepariran metodom "izvrnutog crijeva" (2). Uzorci su inkubirani u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini kojoj smo dodali stabilni i radioaktivni izotop stroncija (^{85}Sr - 10 µCi/100 ml). Nakon inkubiranja odredili smo koliko je stroncija-85 prešlo u pojedinim uzorcima od mukoze do seroze, odnosno koliko ga se zadržalo u stijenci crijeva. Rezultate smo izrazili kao omjer aktivnosti nutarnje i vanjske otopine na kraju inkubacije odn. kao procent od početne aktivnosti mukozne otopine.

Rezultati i diskusija

Transport radioaktivnog stroncija i njegova retencija u duodenalnoj stijenci nije se, pod našim eksperimentalnim uvjetima, ni u jedne pokusne grupe životinja značajno razlikovao od kontrole. To, medjutim, ne znači da dulje pretretiranje, ili sa drugom vrstom fibroznih vlakana ne bi izazvalo promjenu u tim parametrima metabolizma stroncija. Tim više što se u literaturi ukazuje na značaj tih momenata u djelovanju vlakana (3).

Abstract

Five-week-old female albino rats were fed either pure powdered milk (control) or the same milk supplemented with 6, 12 or 24 percent of cellulose during ten days. After such pretreatment the animals were killed and the transduodenal transfer of Sr-85 was followed by the "everted gut" method. There was no significant difference in the transfer or intestinal retention of radioactive strontium between control and experimental groups.

Literatura

1. CUMMINGS, J.H.: Nutritional implications of dietary fiber. Am. J. Clin. Nutr. 31, S29 (1978).

2. WILSON, T.H., WISEMAN, G.: The use of sacs of everted small intestine for the study of the transference of substances from mucosal to the serosal surface. J. Physiol., 123, 116 (1954).

3. SANDSTEAD, H.H., MUNOZ, J.M., JACOB, R.A., KLEVAY, L.M., RECK, S.J., LOGAN, G.M. Jr., DINTZIS, F.R., INGLETT, G.E., SHUEY, W.C.: Influence of dietary fiber on trace element balance. Am. J. Clin. Nutr., 31, S180 (1978).

X simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29., 30., 31. V i 1. VI 1979.

Bauman Alica, Bajlo Mirica

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

KONCENTRACIJA NEKIH RADIONUKLIDA U URINU NEKONTAMIRANIH OSOBA

Rezime

U radu je dan prikaz metoda za separaciju i detakciju nekih radionuklida u ljudskom urinu.

Navedeni su podaci za količinu ^{90}Sr, ^{210}Pb i ^{226}Ra u kontrolnoj grupi.

Uvod

Već unatrag nekoliko godina Laboratorij za radioaktivnost biosfere razradio je niz radiokemijskih metoda za separaciju radionuklida u biološkom materijalu, od kojeg se u ovom radu navodi samo urin.

Materijal i metode rada

Početna obrada biološkog materijala vrši se na dva načina:

a. mokrim spaljivanjem Fentonovim reagensom 30% H_2O_2/bez dodatka Fe^{2+} kod pH-3[1];

b. početna koncentracija radionuklida vrši se taloženjem H_3PO_4 kod pH-9. Talog se otopi u HNO_3 konc. i daljnja obrada uzorka vrši se ovisno o radionuklidu[2].

^{90}Sr. Odvaja se iz uzorka ^{90}Y ekstrakcijom TBF[2], a radiokemijsko iskorištenje ^{90}Sr odredjuje se bilo odredjivanjem prisutnog stabilnog stroncija, bilo dodatkom ^{85}Sr i gama-spektrometrijom. Efikasnost metode 85-95%. Mjeri se G.M. brojačem.

^{226}Ra. Odredjuje se taloženjem kao $BaSO_4$. Mjeri se direktno u proporcionalnom brojaču najkasnije 4 sata nakon taloženja. Metoda mjerenja je kontrolirana interkalibracijom sa Svjetskom zdravstvenom organizacijom. Efikasnost metode iznosi 67%.

^{210}Pb. Olovo se taloži kao kromat[5], pričeka 30 dana do ra-

dioaktivne ravnoteže s ^{210}Bi, te se mjeri beta aktivnost u G.M. brojaču.

Rezultati ispitivanja

Tokom rada dobiveno je niz rezultata kontrolne grupe ispitanika, a prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Sadržaj ^{90}Sr, ^{226}Ra i ^{210}Pb u kontrolnoj grupi ispitanika

Redni broj ispitanika	^{90}Sr pCi/l	^{226}Ra pCi/l	^{210}Pb pCi/l
1.	0,32	0,12	1,66*
2.	0,55	0,05	0,72
3.	1,27		0,49
4.	2,96	0,43	1,86*
5.	0,48	0,17	1,06
6.	0,40	0,22	0,54

Ispitanici 1. i 4. puše od 20-40 cigareta dnevno.
Ovi podaci u danom momentu mogu poslužiti kao nulta točka. Ispitivanja su vršena od 1974-1977. godine.

Summary

In this paper several methods for the separation of ^{90}Sr, ^{226}Ra and ^{210}Pb in human urine are described. Data are given for a control groups.

Literatura

1. BAUMAN Alica, PETROZZI Mirica: Arh. hig. rada 28, 347 (1977)
2. BAUMAN Alica, PETROZZI Mirica: Arh. hig. rada 27, 229 (1976)
3. HARLEY J. ed.: Radiochemical Methods, HASL 300 (1975)
4. BAUMAN Alica, PETROZZI Mirica: Arh. hig. rada 27, 225 (1975)
5. xxx Radioassay Procedures for Environmental Samples. Publ. No 999 - RH - 27 (1967)

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac, 29, 30., 31.V i 1.VI 1979.

K.Milivojević i D.Stojanović*

Laboratorija za medicinsku zaštitu Instituta za nuklearne
nauke "Boris Kidrič"-Vinča

KONTAMINACIJA KOŽNE POVREDE RADIOAKTIVNIM JODOM.

Istraživanja su obuhvatala posmatranje dinamike interne kontaminacije u uslovima kontaminacije kožne rane radiojodom, inkorporacije ovog radionuklida u raznim tkivima i organima. Ova istraživanja su od značaja za rešavanje izvesnih praktičnih problema u domenu zaštite od zračenja, naročito za procenu apsorbovanih doza i ocenu radijacionog rizika u dizdentalnim kontaminacijama.

Izučavanje osobenosti biološkog dejstva radiojoda je aktuelno, jer on predstavlja opasnu komponentu globalnih padavina i potencijalni je kontaminant pri havarijama na nuklearnim reaktorima, a ima široku primenu u nuklearnoj medicini. Danas se sve više obraća pažnje na radiojod kao kontaminant sa blastomogenim dejstvom (1). Dosadašnja saznanja ukazuju na u ekstratireoidnoj distribuciji radiojoda kao predstavlja značajan depo, što se mora uzeti u obzir pri proceni radijacionog rizika.

Materijal i metode rada

Za oglede su korišćeni beli pacovi, mužjaci, telesne težine oko 200 g, iz zapata farme laboratorijskih životinja IBY. Ogledne grupe su brojale po 15 životinja. Na koži leđa je specijalnim perforatorom načinjena ekscizionа kožna rana za defektom tkiva, kružnog oblika, prečnika 5 mm. Kontaminacija je izvođena sa rastvorom $Na^{131}I$, sa pH = 8.0, u zapremini od 100 lambda, aktivnosti 40 μCi. Radiojod je bio u kontaktu sa barijerom tri časa.

---

*Autori zahvaljuju Radosavu Sapundžiću i Ružici Kostić na tehničkoj saradnji.

Telesni sadržaj radiojoda meren je na scintilacionom beta-gama brojaču za celo telo malih oglednih životinja. Detektor ovog uredjaja je kristal NaJ, prečnika dva inča. Merenja su vršena u standardnim geometrijskim uslovima. Merenje sadržaja radiojoda u uzorcima kože sa različitih delova tela i u uzorcima ispitivanih organa vršeno je na scintilacionom brojačkom uredjaju, sa kristalom NaJ od tri inča (Automatic Gamma Counting Systems 1197-Searle).

Rezultati

Na tabeli 1 dat je prikaz telesnog sadržaja radiojoda u uslovima kontaminacije izvedene neposredno nakon nanošenja ekscizione kožne rane, a pri trajanju kontaminacije tri časa.

TAB.br.1

Interna kontaminacija radiojodom u uslovima posttraumatske kontaminacije rastvorom NaJ-131, u procentu nanete aktivnosti

Resorptivna površina	Telesni sadržaj ^{131}J
Normalna koža	2,36 ± 1,62
Eksciziona kožna rana	85,14 ± 3,45

Na tabeli 2 prikazane su vrednosti inkorporiranog radiojoda u koži različitih delova tela, u uslovima kontaminacije normalne kože i ekscizione kožne rane. Vrednosti su izražavane po gramu svežeg tkiva.

TAB.br.2

Distribucija radiojoda u koži

Regija tela	Radioaktivnost joda (i/m x10^3/g tkiva) Normalna koža	Rana
Ledja	8,9	605
Zadnji ekstremiteti	6,7	524
Prednji ekstremiteti	7,7	466
Trbuh	6,8	441
Prosečna vrednost	7,6	509

Sadržaj u celoj koži kod kontaminacije normalne kože iznosi 0,04% od aplicirane aktivnosti, a kod kontaminacije rane oko 45%.

Na tabeli 3 prikazana je ekstratireoidna inkorporacija radioaktivnog joda kod kontaminacije ekscizione kožne rane u toku tri časa.

TAB.br.3

Distribucija radiojoda u organima i tkivima

Organi i tkiva	Specifična aktivnost (i/m · 10^{-}/g tkiva)	Sadržaj u celom organu (% nanete aktivnosti)
Krv	312	7,30
Bubrezi	220	3,10
Slezina	164	0,36
Srce	154	0,79
Jetra	99	4,30

Ukupna aktivnost u ispitanim organima iznosi oko 16%, u štitastoj žlezdi sa okolnim tkivom nadjeno je oko 30% od nanete aktivnosti, a ostatak sadrže mišići i ostali organi.

Diskusija

Dobijeni rezultati o stepenu interne kontaminacije i inkorporacije radiojoda u različitim tkivima i organima, omogućavaju odgovarajuću procenu apsorbovanih doza, što je od značaja za zaštitu od zračenja pojedinih populacionih kategorija. Za ekstrapolaciju eksperimentalnih rezultata na čoveka, pacov je pogodna ogledna životinja, jer poseduje visoku funkcionalnu aktivnost zbog brzog metabolizma, a i osetljivost štitaste žlezde je 2-4 puta viša nego u čoveka (2).

Rezultati izvedenih eksperimentalnih ispitivanja ukazuju da je interna kontaminacija obimna pri kontaminaciji kožne povrede i, da koža predstavlja značajan depo za radiojod. Dobijeni podaci nalažu nužnost izvodjenja adekvatne dekontaminacije u cilju sprečavanja ozračivanja radiosenzitivnih tkiva. U našem ranijem radu, efekat dekontaminacije normalne kože je u izrazitoj zavisnosti od vremena izvodjenja tretmana i korišćenih sredstava (3).

Zaključak

Kod neposredne posttraumatske kontaminacije radiojodom ukupni telesni sadržaj nakon tri časa je oko 85% nanete aktivnosti, što predstavlja obimnu internu kontaminaciju, dok preko normalne kože prodire preko 2%.

Koža predstavlja značajan depo radiojoda. U različitim regijama tela nadjene su različite specifične aktivnosti inkorporiranog radiojoda.

Distribucija radiojoda u ekstrtireoidnim organima i tkivima je različita, a najveća specifična aktivnost nadjena je u koži, krvi i bubrezima, što sa aspekta apsorbovanih doza ima odredjen radiotoksikološki značaj.

Literatura

1. LETAVET A.A., BURIKINA L.N., Materiali po toksikologii radioaktivnih veščestv (J-131), Medicina, Moskva, 1972.
2. MOSKALEV Y.I., Radiobiologičeskij eksperiment i čelovek, Atomizdat, Moskva, 1970.
3. MIJIVOJEVIĆ K, STOJANOVIĆ D., Zbornik materijala IX simp.JDZZ, Jajce, 1977.

Summary

This investigations concerns the penetration of radioactive iodine and degree of internal contamination through normal skin and excised skin wound, as well as the distribution in diffrents organs and tissues. Obtained results shows that in the conditions of immediately posttraumatic contamination with radioactive iodine the body burden after three hours was 85% of applied activity, but through normal skin was about 2%. The skin is significant organ for deposition of radioiodine.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac 29, 30, 31.V i 1.VI.1979.

Živanović A., Milivojević K.*
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

ODREDJIVANJE EFEKTIVNOG VREMENA POLUELIMINACIJE RADIOCEZIJUMA IZ KOŽE U USLOVIMA SPOLJAŠNJE KONTAMINACIJE

REZIME

Eksperimentalno je odredjivano vreme polueliminacije ^{137}Cs iz kože pacova, podatka neophodnog za izračunavanje apsorbovane tkivne doze zračenja inkorporiranog radiocezijuma. Eliminacija radiocezijuma iz kože bila je praćena u 9 oglednih grupa životinja, sistematizovanih u odnosu na vreme koje protekne od kontaminacije do žrtvovanja: - žrtvovane neposredno, 1, 3, 6, 12, 24, 48, 96 i 144 časa posle izvršene dekontaminacije. Kontaminacija je trajala tri časa. Pad aktivnosti u kontaminiranom delu kože sa vremenom, daje mogućnost odredjivanja efektivnog perioda polueliminacije. Eksperimentalno dobiveno efektivno T iznosilo je oko 24 časa.

UVOD

Efektivno vreme polueliminacije, za dozimetriju veoma važna karakteristika inkorporiranih radioizotopa, odredjuje se eksperimentalno, mereći zadržavanje radioizotopa u kritičnom organu u različitim vremenskim intervalima posle nanošenja i analizirajući dobivenu funkciju (1).

Grafičko odredjivanje vremena polueliminacije je najčešće korišćena metoda u eksperimentalnom radu i svodi se na identičnu metodu za odredjivanje vremena poluraspada kratko-

*Autori zahvaljuju Radosavu Sapundžiću na tehničkoj saradnji.

živećih radioizotopa (2). Postupak se sastoji u praćenju relativnog opadanja radioaktivnosti ispitivanog uzorka, a teorijski se zasniva na osnovnoj jednačini radioaktivnog raspada.

Postoji relativno malo podataka o veličinama vremena polueliminacije iz pojedinih kritičnih organa, a naročito se to odnosi na kožu. U današnje vreme još nisu dovoljno ispitane i razjašnjene zakonitosti i konstante razmene radioizotopa u koži. Postojeći podaci za ^{137}Cs, ^{239}Pu i ^{241}Am (3,4,5) dozvoljavaju nam više orijentacione zaključke i zahtevaju dopunska utvrđivanja i komparacije sa radioizotopima elemenata ostalih grupa periodnog sistema. Veliki doprinos na tom polju dali su sovjetski naučnici (6). Oni su vršili merenja i komparacije efektivnih vremena polueliminacije iz kože nekih alfa emitera. Eksperimenti sa ^{237}Np i ^{210}Po vršeni su na prasićima, jer je njihova koža po svojim morfološkim i fiziološkim karakteristikama najbliža koži čoveka (7). Njihovi zaključci se principijelno i rezultatski slažu sa gore navedenim autoritetima.

EKSPERIMENTALNI MATERIJAL I METODE RADA

Ogledne životinje

Kao ogledne životinje za eksperimentalni rad korišćeni su beli pacovi soja Wistar, mužjaci stari oko 4 meseca, telesne težine 200±10 g., iz zapata farme laboratorijskih životinja Instituta "Boris Kidrič" u Vinči.

Ogledne grupe za praćenje vremena polueliminacije bile su smeštene u specijalne metaboličke kaveze da bi se sprečio eventualni kontakt sa aktivnim fecesom i urinom.

Tehnika kontaminacije i dekontaminacije

Pre ogleda životinje su stavljane pod narkozu (0,75 ml 25% rastvora uretana injicirano je i.m.). Posle fiksiranja na radnoj ploči, šišanjem je uklonjena dlaka. Obezmašćivanje kože nije vršeno. Kontaminacija je izvodjena nanošenjem na kožu, pomoću mikropipete, 0,1 ml rastvora $^{137}CsCl$ na obeleženu površinu kože od 5 cm^2 , na ventralnoj strani abdomena . Radiokontaminant je bio u kontaktu sa kožom 3^h , a pH rastvora iznosio je 1,0 .

Dekontaminacija je vršena postupkom koji se sastojao u uklanjanju radioizotopa sa kontaminirane površine rastvorom izabranog dekontaminacionog sredstva , sa naknadnom upotrebom vode. Kao dekontaminaciono sredstvo je korišćen 3% rastvor sintetičkog deterdženta "EMID" , proizvod "Merime" iz Kruševca. Tretman se sastojao iz četiri obrada, od kojih je svaka trajala po jedan minut. Potom je koža sušena suvim tupferom. Dekontaminacija je izvodjena nakon trocasovnog kontakta kontaminanta sa kožom, a kontaminirani deo kože je ekscidiran 0 , 1, 3, 6, 12, 24, 48, 96 i 144 časova nakon dekontaminacije. Životinje su na kraju ogleda žrtvovane, stavljane u plastične kutije i merene na brojaču za merenje radioaktivnosti celog tela.

Tehnika radiometrijskih merenja

Direktno merenje ukupne radioaktivnosti tela vršeno je na adaptiranom brojačkom uredjaju za male eksperimentalne životinje . Detektor ovog beta-gama scintilacionog uredjaja je

kristal NaJ, dijametra 2 inča, koji je smešten u olovnom kućištu sa cilindričnim kolimatorom. Posebno prilagođeno postolje omogućavalo je da se životinje smeštene u plastične kutije mere pod standardnim geometrijskim uslovima.

Ekscidirana koža kontaminirane lokacije merena je pod istim uslovima kao i tela životinja.

REZULTATI I DISKUSIJA

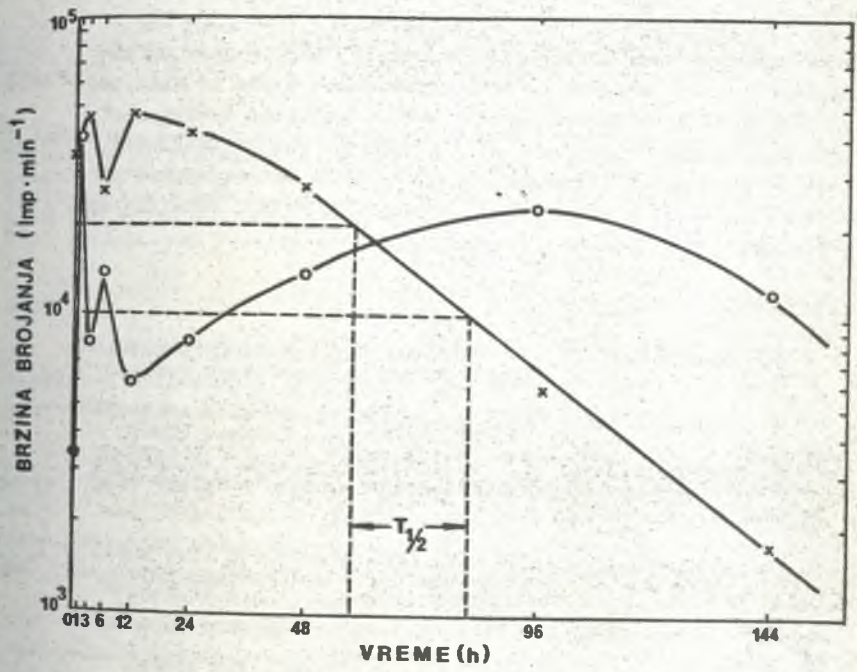
U tabeli 1 su prikazane promene sadržaja radiocezijuma u kontaminiranom delu kože i sadržaja resorbovanog radiocezijuma u telu, u funkciji vremena.

Tabela 1

Sadržaj aktivnosti u kontaminiranom delu kože i telu, za različite vremenske intervale

t(h)	AKTIVNOST (/nCi)		AKTIVNOST (%)	
	KOŽA	TELO	KOŽA	TELO
0	1,460	0,136	3,65	0,34
1	1,692	1,624	4,23	4,06
3	1,900	0,344	4,75	0,86
6	1,068	0,444	2,67	1,11
12	1,952	0,248	4,88	0,62
24	1,708	0,344	4,27	0,86
48	1,100	0,560	2,75	1,40
96	0,232	0,960	0,58	2,40
144	0,060	0,508	0,15	1,27

Prikazane vrednosti pokazuju da je eliminacija ^{137}Cs iz kože srazmerna vremenu i da se odvija eksponencijalno. Sadržaj radiocezijuma koji se resorbovao u telo trebalo bi da raste logaritamski, obrazujući inverznu funkciju, ali do toga ne dolazi usled gubitka aktivnosti putem ekskreta.



x-ELIMINACIJA ^{137}Cs IZ KOŽE

o-RESORBOVANI ^{137}Cs U TELU

Sl.1. Sadržaj ^{137}Cs u koži i u telu.

Grafik pokazuje pad aktivnosti u kontaminiranom delu kože sa vremenom, dajući nam mogućnost egzaktnog određivanja efektivnog perioda polueliminacije. Na osnovu eksperimentalnih podataka dobiveno je efektivno T oko 24 časa.

Uporedo je data i promena sadržaja resorbovanog radiocezijuma u telu. Ona bi trebala da bude inverzna funkciji eliminacije radiocezijuma iz kože, ali usled gubitka aktivnosti putem ekskreta, poprima dati oblik.

SUMMERY

The period of half-elimination of ^{137}Cs from the rats skin has been determined experimentally. Changes of the content of radiocaesium in the contaminated parts of skin and of absorbed radiocaesium burden in the body as a function of time are examined. Decrease of activity in the contaminated part of skin as a function of time, enables determination of effective period of half-elimination. This value, obtained experimentally, is about 24 hours.

LITERATURA

1. Osanov D.P, et al., "Dozimetrija izlučenij interkorporirovannyh radioaktivnyh veščestv" M., Atomizdat (1970)
2. Draganić I. i sar., "Radioaktivni izvori i zračenja" II, Naučna Knjiga, Beograd (1963)
3. Jeršov J.B. et al., v sb. "Vozdejstvije ionizirujušćih izlučenij na kožu", M.,IBF (1970)
4. Osanov D.P. et al., Radiobiologija, 1, 11 (1971)
5. Klykov O.V. et al., v kn. "Materialy III n.t. konf. po dozimetrii i radiometrii ionizirajušćih izlučenij", Obninsk (1969)
6. Simakov A. et al., Gig. i San., 1, str. 36 (1976)
7. Tregear R.T., J. Physiol., 156,2.307 (1961)

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V i 1.VI.1979.

M. Trajković i Ž. Ubović

Laboratorija za medicinsku zaštitu Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

PROCENA RIZIKA PRI UNUTRAŠNJOJ KONTAMINACIJI TRICIJUMOM RADNIKA REAKTORA RA U VINČI

REZIME

U radu se razmatra unutrašnja kontaminacija tricijumom radnika angažovanih na održavanju i remontu reaktora RA u Vinči. Prikazane su vrednosti o kretanju telesnog sadržaja tricijuma za period 1973-1978.godina i izražene su kao kolektivna, srednja individualna i maksimalna godišnja doza. Doprinos tricijuma srednjoj individualnoj dozi kreće se u granicama od 1,9% do 3,2%. Za 1976 godinu ovaj doprinos iznosi 17%.

UVOD

Tricijum se u znatnim količinama stvara u teškovodnim sistemima nuklearnih reaktora pod uticajem neutronskog zračenja a u minimalnim količinama nastaje kao produkt fisije.

Spoljašnja radijaciona opasnost od tricijuma je neznatna usled niske energije beta čestica (srednja energija beta spektra je 5.73 KeV i maksimalna 17.8 KeV) dok na internu kontaminaciju treba obratiti pažnju usled brzine i lakoće asimiliranja tricijuma.

Nastali tricijum predstavlja potencijalnu opasnost za unutrašnju kontaminaciju osoba koje rade na pogonu i održavanju teškovodnog reaktorskog sitema, kao što je reaktor RA u Vinči. U uslovima normalnog rada postojeća hermetizacija reaktorskog suda i sistema teške vode i helijuma isključuje mogućnost dospevanja u radnu sredinu bilo kog radionuklida. Rizik od kontaminacije tricijumom javlja se pri dehermetizaciji spomenutih sistema ili reaktorskog suda i pri svim manipulacijama sa teškom vodom iz teškovodnih sistema (1).

Prema literaturnim podacima je poznato da se ukupna aktivnost tricijuma nastalog u reaktorima ovakvog tipa uvećava sa vremenom rada reaktora (2,3).

Da bi se ustanovilo da li tom prilikom raste i rizik od povećane kontaminacije tricijumom profesionalno eksponiranih osoba, u ovom radu je dat prikaz višekogišnje kontrole interne kontaminacije tricijumom kod radnika reaktora RA u Vinči.

Materijal i metode rada

Detekcija i procena interne kontaminacije tricijumom praćena je preko uzoraka urina koji su sakupljani od svih eksponiranih osoba po završetku dnevnog rada. Tricijum je odredjivan u urinu tečnom scintilacionom metodom po već ustaljenom postupku(4,5). Donja granica detekcije tricijuma u urinu iznosi $2.1 \cdot 10^{-5}$ μCi/ml.

Ukupna oslobodjena doza u telu, odnosno u kritičnom organu izračunavana je pomoću izraza koji je dat u preporukama ICRP Publication 10 (6) koji glasi:

$$D_{(rem)} = Q \cdot 3.2 \cdot 10^{9} \cdot \epsilon \cdot 1.6 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{m}$$

Q = vremenski integral unutrašnje kontaminacije

$$\left(\int_{0}^{50\ g.} q_0 e^{-t} dx \right)$$

$3.2 \cdot 10^{9}$ = broj raspada/dan po 1 μCi

$1.6 \cdot 10^{-6}$ = erg/MeV

100 = erg/g tkiva/rad

ϵ = efektivno apsorbovana energija po jednom raspadu

m = masa kritičnom organa u g.

Kritični organ za tricijum je celo telo, odnosno sva telesna tkiva koja su po svojoj masi jednaka ukupnoj masi telesne vode. Po psomenutim preporukama ukupna masa telesne vode (m) iznosi $4.3 \cdot 10^{4}$g za standardnog čoveka (70 kg) i u gore datom izrazu mora da se koriguje za svaku ispitivanu osobu ukoliko njena ukupna masa odstupa od mase standardnog čoveka.

Retultati i diskusija

Doze koje se apsorbuju u tkivima kao posledica unutrašnje kontaminacije tricijumom prikazane su na slici 1 i tabeli I.

Radi bolje preglednosti pojedinačne doze, prikazane na slici 1., grupisane su u intervale od 5 mrem-a, odnosno 10 mrem-a. U intervalu do 20 mrem-a nalazi se najveći broj slučajeva. U zavisnosti od godine, u ovom intervalu se nalazi 86% - 95% ukupnog broja kontrolisanih radnika, sa izuzetkom 1976. godine, gde ova vrednost iznosi 22%. Uzrok ovog značajnog odstupanja biće kasnije izložen.

TAB. br. I

PREGLED PRIMLJENIH DOZA U RADNIKA REAKTORA RA ZBOG KONTAMINACIJE TRICIJUMOM

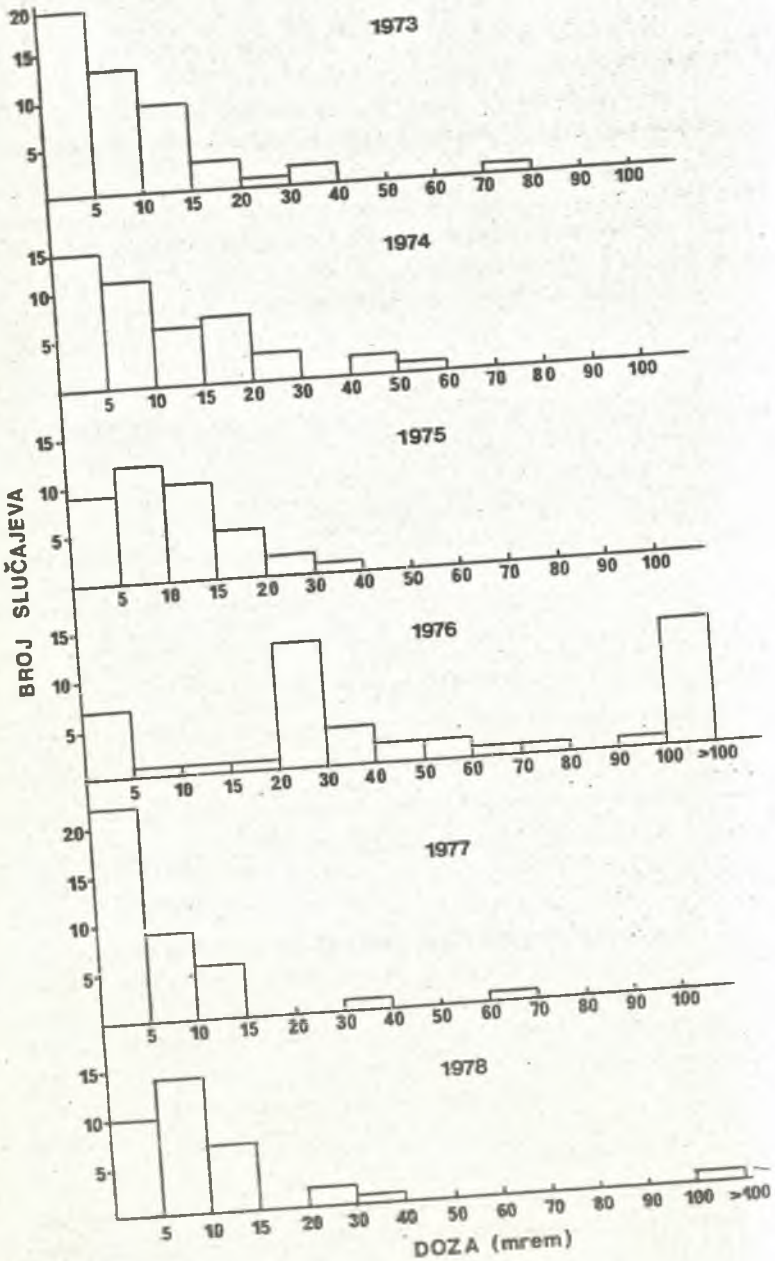
Godina	Broj kontrol. radnika	Kolektivna doza (mrem)	Srednja individualna doza(mrem)	Maks. doza (mrem)	Doprinos srednje individ.doze ^3H srednjoj individ. dozi od spoljašnjih izvora
1973	48	498.8	10.4	79.0	1.9%
1974	44	537.0	12.2	57.0	2.2%
1975	39	402.4	10.3	38.0	2.4%
1976	47	4772.8 (609.1)*	101.5 (12.9)*	1547.0 (52.0)*	17.0% (2.1%)*
1977	39	292.1	7.5	64.2	2.9%
1978	35	415.1	11.9	122.8	3.2%

*Objašnjenje dato u tekstu.

Iz podataka sa tabele I vidi se da se kolektivna godišnja doza koju je primila grupa ispitivanih radnika nalazi u intervalu od 292.1 mrem-a do 537.0 mrem-a. Za 1976 godinu ova vrednost iznosi 4772.8 mrem-a. Srednja individualna doza po radniku nalazi se u granicama od 7.5 mrem-a do 12.2 mrem-a, a za 1976 godinu ova vrednost iznosi 101.5 mrem-a. Maksimalna godišnja doza nalazi se u intervalu od 38.0 mrem-a do 122.8 mrem-a. Ova vrednost za 1976 godinu iznosi 1547 mrem-a.

Prikazani parametri na tabeli I ukazuju na otsustvo značajnijih odstupanja po godinama za ceo posmatrani period, sa izu-

Sl. 1.


1973
1974
1975
1976
1977
1978
BROJ SLUČAJEVA
DOZA (mrem)
5 10 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 >100

zetkom 1976 godine. Naime, u 1976 godini radovi na održavanju reaktora RA nisu se bitno razlikovali u poredjenju sa prethodnim godinama, izuzev izvesnih nepredvidjenih okolnosti u toku (trodnevnog) remonta teškovodne pumpe. Pri ovim radovima došlo je do znatne unutrašnje kontaminacije tricijumom angažovanih radnika, a time i do adekvatnog povećanja apsorbovane doze. Ukoliko se 1976 godina prikaže bez doza primljenih pri remontu teškovodne pumpe (vrednosti date u zagradama na tabeli I) nestaju navedena odstupanja u odnosu na ostale godine.

U želji da se dobije informacija o veličini doprinosa oslobodjene doze u tkivima radnika zbog unutrašnje kontaminacije tricijumom, u odnosu na doze koje primaju od spoljašnjih izvora jonizujućeg zračenja, izvršena je odgovarajuća komparacija. U odnosu na srednju individualnu dozu od spoljašnjih izvora jonizujućih zračenja (7), srednja individualna doza zbog kontaminacije tricijumom čini doprinos koji se kreće u granicama od 1.9% do 3.2%, a za 1976 godinu iznosi 17% .

ZAKLJUČAK

Na osnovu podataka o kretanju ukupnog telesnog sadržaja tricijuma u periodu 1973 - 1978 godina u radnika angažovanih na održavanju i remontu reaktora RA, može se zaključiti:

1. Pri svim planiranim operacijama na dehermetizovanom reaktorskom sudu i sistemu za tešku vodu i helijum dolazi do unutrašnje kontaminacije tricijumom profesionalno angažovanih osoba.

2. Tricijum oslobadja u tkivima srednju individualnu dozu koja se za posmatrani period nalazi u granicama od 7.5 mrem-a/god. do 12.2 mrem-a/god., a za 1976 godinu iznosi 101.5 mrem-a.

3. Doprinos tricijuma srednjoj individualnoj dozi kreće se u granicama od 1.9% do 3.2%. Za 1976 godinu ovaj doprinos iznosi 17%.

Izneti zaključci odnose se isključivo na planirane i kontrolisane operacije na dehermetizovanom reaktorskom sudu i sitemu za tešku vodu i helijum. U protivnom, moguća su mnogostruka povećanja unutrašnje kontaminacije tricijumom osoba angažovanih na spomenutim poslovima, što potvrdjuje i navedeni primer remonta teškovodne pumpe u 1976 godini.

SUMMARY

Internal contamination with tritium of the workers engaged in operation and maintenance of the reactor RA in Vinča has been observed. Values for tritium body burden for period of 1973 to 1978 year are presented as collective, average individual and maximal annual dose. Contribution of tritium to the average individual dose ranges from 1.9% to 3.2%, i.e. 17% for the year 1976.

LITERATURA

1. NINKOVIĆ M., Dozimterija i zaštita, Interni izveštaj IBK,1974.
2. BRAMATI L., Production of Tritium in Nuclear Reactors, Seminaire sur la protection contre les dangeres du tritium, Le Vesinet, 16-18 avril 1964, SCPRI, Le Vecinet, 1964.
3. HOLMQUIST C.E., Hazards of Tritium Oxides induced in Heavy Water Reactors, Seminaire sur la protection contre les dangeres du tritium, Le Vesinet, 16-18 avril,1964 SCPRI, Le Vesinet,1964
4. UBOVIĆ Ž. i PALIGORIĆ D., Odredjivanje tricijuma u humanom urinu tečnom scintilacionom metodom, III Jug. simpozijum o radiološkoj zaštiti, 23-26 oktobar 1967, st.83, Banja Luka.
5. TRAJKOVIĆ M., UBOVIĆ Ž., Unutrašnja kontaminacija tricijumom radnika reaktora RA u Vinči, VIII simpozijum Jug. društva za zaštitu od zračenja, 20-23.maj 1975, st. 219, Herceg Novi.
6. Evaluation of Radiation Doses to Body Tissues from Internal Contamination due to Occupational Exposure, ICRP Publication 10, p. 29, 1968, Pregamon Press.
7. NINKOVIĆ M., Dozimetrija i zaštita, Interni izveštaj IBK za 1978 godinu.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31.V i 1.VI 1979.

B. Vekić, M. Vlatković, L. Horvath, V. Horvat i M. Bašić
OCUR Fizička kemija, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb i Zavod za nuklearnu medicinu, KBC Rebro, Zagreb

PREDNOSTI ^{123}J U KLINIČKIM ISPITIVANJIMA

Opisane su karakteristike i način dobivanja ^{123}J za kojim posljednjih godina vlada sve veći interes u nuklearnoj medicini. Rad također sadrži prikaz apsorbiranih radijacionih doza za različite organe odraslih i djece tokom dijagnostičkih postupaka. Može se ocijeniti da ^{123}J ima niz prednosti u odnosu na ^{131}J, u prvom redu manju radijacionu dozu.
Prikazana je dozimetrija ^{123}J i ^{131}J-hipurana za normalna i abnormalna fiziološka stanja, kada upotreba ^{123}J-hipurana može smanjiti apsorbiranu dozu i do 60 puta u odnosu na ^{131}J-hipuran.

Istovremeno sa sve većom primjenom radionuklida u nuklearnoj medicini radi se na ispitivanju i uvodjenju novih radioaktivnih preparata, koji će imati neke prednosti u odnosu na do sada korištene. U tom smislu pažnja je u posljednje vrijeme usmjerena na ciklotronske radionuklide. Pomoću ciklotrona uvijek se upotpunjuje program produkcije, jer se pomoću njih mogu proizvesti pojedini radionuklidi koji se ne mogu dobiti na reaktoru, a imaju poželjne karakteristike obzirom na vrijeme poluraspada, vrstu i energiju zračenja (1).

Neki od ciklotronskih radionuklida pokazali su se posljednjih godina izuzetno podesnim za dijagnostiku, jer uz pogodne fiziološke osobine imaju relativno kratko vrijeme poluraspada, a raspadaju se bez nepotrebnog čestičnog zračenja. Prednosti u radu s njima su slijedeće: ukupna je doza zračenja koju bolesnik prima relativno mala, iako se za pojedinačna testiranja mogu upotrijebiti veće aktivnosti, čime se postiže veća tačnost prilikom mjerenja. Ispiti-

TAB. br. 2.

Apsorbirane doze (mrad/μCi) za različite organe odraslih i djece

Organ	Radionuklid	Dob (god.): / Tjelesna tež.(kg):	1 / 12,1	5 / 20,3	10 / 33,5	odrasli / 70,0
štitnjača	^{131}J		8100	3800	2200	1100
	^{123}J		81	38	22	11
cijelo tijelo	^{131}J		2,0	1,3	0,81	0,45
	^{123}J		0,13	0,08	0,05	0,03
muške gonade	^{131}J		–	–	–	0,087
	^{123}J		0,067	0,063	0,055	0,010
ženske gonade	^{131}J		–	–	–	0,14
	^{123}J		0,083	0,051	0,037	0,02

primijenjene aktivnosti budu proporcionalne 2/3 potencije težine tijela (7). Prema ovom kriteriju djetetu od jedne godine teškom 12,1 kg treba dati svega 30% aktivnosti koja se daje odraslog osobi.

Apsorbirane doze za različite organe odraslog čovjeka za ^{131}J, ^{123}J (bez onečišćenja), ^{123}J (sa malom količinom radiokontaminanata, proizveden na IRB) date su u Tabeli 3., za pretpostavljeni ulaz joda u štitnjaču od 25%. Vidimo da je apsorbirana doza za štitnjaču kod primjene ^{123}J (IRB) veća nego za čisti ^{123}J, ali je još uvijek oko 11 puta manja nego za ^{131}J za aktivnosti koje su obično primjenjivane kod scintigrafije štitnjače. Isti odnos apsorbiranih doza vrijedi i za djecu. Napominjemo da primijenjene aktivnosti ^{123}J mogu biti i manje, osobito ako se scintigrafija može raditi u optimalno vrijeme (4-12 sati nakon davanja aktivnosti).

Na žalost kod nas ne postoji mogućnost dobivanja potpuno čistog ^{123}J, već samo onečišćenog dulježivućim radiokontaminantima joda. Obzirom na karakteristike zagrebačkog ciklotrona (unutarnji

TAB. br. 3.

Apsorbirane doze (mrad) za različite organe odraslog čovjeka

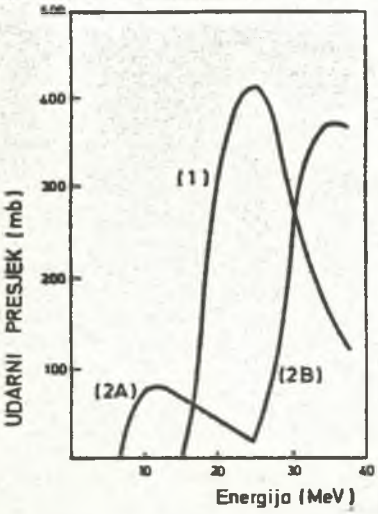
Organ	^{131}J (50 µCi)	^{123}J (200 µCi)	^{123}J (IRB) (200 µCi)
štitnjača	65000	2600	5780
cijelo tijelo	35	6	8
muške gonade	4	2	3
ženske gonade	7	6	7
crvena koštana moždina	13	6	7
želudac	70	42	48

snop deuterona i alfa čestica energije do 15 odnosno 30 MeV) jedina moguća nuklearna reakcija za dobivanje ^{123}J je (alfa, 2n) reakcija na antimonu prirodnog sastava (57,25% ^{121}Sb, 42,75% ^{123}Sb). Na antimonu prirodnog sastava dolazi unutar ciklotronske komore do niže navedenih nuklearnih reakcija, koje uz ^{123}J daju neželjena onečišćenja:

^{121}Sb (alfa,2n)	^{123}J	(13,3 sati)	(1)
^{121}Sb (alfa, n)	^{124}J	(4,2 dana)	(2A)
^{123}Sb (alfa,3n)	^{124}J	(4,2 dana)	(2B)
^{123}Sb (alfa, n)	^{126}J	(12,8 dana)	(3)

Na slici 1. prikazana je teoretska ekscitaciona krivulja (9) nuklearnih reakcija koje daju ^{123}J i ^{124}J na prirodnom antimonu. Proizilazi da je prinos ^{123}J maksimalan kod energije alfa čestica od 25 MeV (krivulja 1), dočim krivulja nastajanja ^{124}J (krivulja 2) ima dva maksimuma. Prvi maksimum je za (alfa,n) reakciju (2A), a drugi za (alfa,3n) reakciju (2B), sa minimumom prinosa kod energije alfa čestica od 25 MeV.

Za ozračivanje je korištena rotaciona bakrena meta na čiju je površinu elektrolitski nanešen prirodni antimon debljine do



Slika 1.
Ekscitacione krivulje nuklearnih reakcija koje daju ^{123}J i ^{124}J na prirodnom antimonu

26 mg/cm^2. Između bakra i antimona je zbog termičke stabilnosti nanešen međusloj srebra. Antimon je ozračivan alfa česticama energije od 26 MeV, a gubitak energije u antimonu bio je svega 3 MeV. To odgovara najvećem prinosu ^{123}J i najmanjem prinosu ^{124}J. Ipak, na kraju bombardiranja ^{123}J sadrži do 1,4% ^{124}J i 0,2% ^{126}J. Ozračena meta otapana je u smjesi koncentrirane H_2SO_4 i vodene otopine $NaNO_2$. Radiojod je odvojen destilacijom, a destilat hvatan u razblaženu lužinu.

Kod primjene iste aktivnosti ^{123}J u kasnijim vremenima nakon završetka bombardiranja unosi se u organizam sve više ^{124}J i ^{126}J, što doprinosi daljnjem povećanju apsorbirane doze u štitnjači. Tako bi apsorbirana doza u štitnjači bila oko 35% veća nakon jednog vremena poluraspada ^{123}J, odnosno bila bi dvostruko veća ako bi se ^{123}J koristio jedan dan nakon bombardiranja (7).

Osim za snimanje štitnjače različiti ^{123}J-obilježeni radiofarmaceutici su već u kliničkoj primjeni. Znatna poboljšanja u odnosu na ranije korištena sredstva već su pokazana u renografiji

s ^{123}J-hipuranom, urografiji s ^{123}J-obilježenim kontrastnim preparatima, u snimanju jetre i žuči s ^{123}J-rose bengalom (2). Brojni drugi ^{123}J obilježeni spojevi su predloženi za upotrebu ili se već ispituju.

Hipuran koji se koristi za ispitivanje funkcija bubrega najviše je korišteni radiofarmaceutik joda. Prema podacima (10) koji se odnose na 3500 pacijenata (Tabela 4) vidi se da je u bubrezima apsorbirana doza koju daje ^{123}J-hipuran od 4,5–60 puta manja od doze koju daje odgovarajuća količina ^{131}J-hipurana. Apsorbirana doza je to veća što je funkcija bubrega više poremećena, zbog čega je i ulaz odnosno retencija hipurana u bubrezima veća. Iz posljednjeg reda u Tabeli 4. vidimo da je doza koju daje ^{123}J-hipuran s 10% ^{124}J od 3,5–20 puta manja od doze koju daje ^{131}J-hipuran.

TAB. br. 4.

Apsorbirane doze (mrad) u bubrezima nakon ispitivanja s hipuranom

Ispitivanje	Normalne funkcije	5% ulaz (uptake)	50% ulaz (uptake)
Renografija			
25 µCi ^{131}J	2,4	1000	10000
25 µCi ^{123}J	0,5	15	150
Scintigrafija			
500 µCi ^{131}J	47,0	20000	200000
500 µCi ^{123}J	10,5	300	3000
500 µCi ^{123}J + 10% ^{124}J	13,5	1050	10500

Iz prikazanih rezultata vidimo da pacijenti prilikom dijagnostičkih pretraga s ^{123}J, čistim ili onečišćenim s nekoliko postotaka ^{124}J primaju dozu koja je često svega nekoliko postotaka od one koju daje uobičajeni ^{131}J. Zbog toga, kao i zbog mogućnosti primjene u velikom broju obilježenih spojeva možemo u literaturi naći nazive kao ^{123}J "izotop današnjice".

Summary

The properties and the method of preparation of ^{123}I are described. This radionuclid has been the subject of increasing interest in nuclear medicine over recent years. The paper contains absorbed radiation doses for different organs for adults and children following application of radioiodine for diagnostic procedures. It could be concluded that ^{123}I yields considerably lower radiation dose compared to ^{131}I.

The dosimetry of ^{123}I and ^{131}I-Hippuran is presented for both normal and abnormal physiological states. It is concluded that the use of ^{123}I-Hippuran compared to ^{131}I-Hippuran provides a reduction in radiation dose up to 60 times.

Literatura:

1. VLATKOVIĆ M., PAIĆ G., KAUČIĆ S., VEKIĆ B., "Mogućnosti i perspektive za proizvodnju radioizotopa na zagrebačkom ciklotronu za potrebe nuklearne medicine", Zbornik radova prvog jugoslovenskog kongresa za nuklearnu medicinu, p. 507, Split, 1974.

2. STOCKLIN G., Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 28, 131, 1977.

3. VLATKOVIĆ M., PAIĆ G., KAUČIĆ S., VEKIĆ B., Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 26, 377, 1975.

4. NOSIL J., SPAVENTI Š., ŠLAUS I., Eur. J. Nucl. Med., 2, 1, 1977.

5. BAKER G. A., LUM D. J., SMITH E. M., WINCHELL H. S., J. Nucl. Med., 17, 740, 1976.

6. SAENGER E., J. Nucl. Med., 19, 107, 1978.

7. BAŠIĆ M., ŠIMONOVIĆ I., KRPAN N., VLATKOVIĆ M., HORVATH L., Radiol. Iugosl., u štampi

8. LEE W. P., MPANIAS P. D., WIMMER R. J., GREENFIELD M. A., KAPLAN S. A., J. Nucl. Med., 19, 985, 1978.

9. MURAKAMI Y., AKIHA F., EZAWA O., Proc. Symp. New. Devel. Radiopharm. Labelled Comp., Copenhagen, Vol. 1, p. 257, IAEA, Vienna, 1973.

10. ELLIOTT A. T., BRITTON K. E., Int. J. appl. Radiat. Isotopes, 29, 571, 1978.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac 29.05. do 01.06.1979.g.

P.D.Marković
Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet
- Kragujevac i Institut "Boris Kidrič"-Vinča,
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu
životne sredine, Beograd

MKRZ Publikacija 26 - OSNOVE I NEKE PRAKTIČNE IMPLIKACIJE NJENE PRIMENE

Abstrakt

U ovom predavanju razmotrene su osnove novog sistema ograničenja doza preporučenog od strane Medjunarodne Komisije za Radiološku Zaštitu (MKRZ) u Publikaciji 26 od 1977.godine. Deo izlaganja posvećen je aktivnosti MKRZ pre najnovijih preporuka, sa ciljem njihovog boljeg razumevanja. Takodje su razmatrane aktivnosti u pojedinim zemljama, uključujući i našu, kao i u pojedinim medjunarodnim organizacijama, na primeni tih preporuka.

1. Uvodna razmatranja

1.1. Do osnivanja MKRZ

Štetno dejstvo jonizujućih zračenja na ljudski organizam bilo je opaženo pre nego što se za jonizujuća zračenja i znalo. Još početkom šesnaestog veka opaženi su neobično učestale bolesti pluća kod radnika u rudnicima kobalta u Saksoniji i u rudnicima plehblende u Joahimove u Češkoj[1].

Naravno u to vreme ljudi nisu mogli da budu svesni da su obolenja, pa i smrt, ovih rudara dolazila usled udisanja produkata radona koji je oslobodjen od uranskih minerala u stenama rudnika. Otkrivanjem X-zraka i njihovom primenom, u prvo vreme uglavnom u medicinske svrhe, uočeni su fiziološki efekti kod ljudi koji su radili sa njima.

Najranija zabeležena povreda od X-zraka datira od januara 1896 od strane Grubea i iste godine u martu od strane Edisona[2,3]. Interesantno je napomenuti da je jedan od prvih koji je opazio štetno dejstvo X-zračenja i ukazao na način kako da se štitimo od njih bio i Nikola Tesla[4].

Pošto je štetnost zračenja bila nedvosmisleno konstatovana bilo je potrebno utvrditi izvesne nivoe ozračivanja koji bi se mogli smatrati tolerantnim za osobu izloženu tim zračenjima.

Prvi organizovan korak u pravcu stvaranja jedne organizacije zaštite od zračenja učinjen je od strane Britanskog rentgenskog društva 1915 godine[5]. Pet godina kasnije u SAD je ustanovljen Komitet za zaštitu od zračenja[6]. Do sredine dvadesetih godina ovog veka u mnogim tehnički razvijenim zemljama ustanovljene su ove ili one forme zaštite od zračenja i prihvaćene odgovarajuće norme, razvijene na njihovim sopstvenim istraživanjima i iskustvima. Pored Amerike i Engleske, najaktivnije zemlje na tom planu su bile pre svega Švedska, a zatim Holandija, Sovjetski Savez, Nemčaka i Francuska[7]. Interesantno je napomenuti da nije bilo značajnijih razlika izmedju ovih zemalja kako u pogledu filozofije zaštite, tako i u pogledu usvojenih normi, i ako je rad na tome bio u znatnoj meri nezavisan.

1.2. Osnivanje i delatnost MKRZ

Počev od 1928 godine problem utvrdjivanja i preporučivanja raznih normi iz oblasti zaštite od zračenja, i počinje da se razmatra organizovano na medjunarodnom planu. Saglasno dogovoru postignutom na Prvom Medjunarodnom kongresu radiologa, održanom 1925 godine u Londonu, te 1928 godine je u Štokholmu pod njegovim pokroviteljstvom je osnovana

Medjunarodna Komisija za radiološku zaštitu - MKRZ (International Commission on Radiological Protection - ICRP) "kao telo koje daje opšte norme za sve šire korišćenje zračenja izazvanog brzim razvojen na polju nuklearne energije".[8] Status komisije i sadržaj njenog rada je diskutovan i odobren 1931 godine u Ligi naroda [9]. Svoju sadašnju organizacionu formu MKRZ je ustanovila 1950 godine, da bi efektivnije obuhvatila brzo širenje primene veoma raznorodnih izvora zračenja i potrebe odgovarajuće zaštite[10]. Danas se MKRZ sastoji iz Glavne komisije i četiri komiteta, i to: Komitet 1 - o efektima zračenja; Komitet 2 - o unutrašnjem ozračivanju; Komitet 3 - o spoljašnjem ozračivanju i Komitet 4 - o primeni Preporuka Komisije. MKRZ - ima zvanično utvrdjene odnose sa Medjunarodnom Agencijom za Atomsku Energiju - MAAE (International Atomic Energy Agency - IAEA) i Svetskom Zdravstvenom Organizacijom (World Health Organization - WHO), kao i veoma bliske odnose sa nekim drugim organizacijama kao što su UNSCEAR, UNEP, ILO i druge.

Prve preporuke MKRZ su publikovane 1928 godine, a zatim 1931, 1934 i 1937 godine. Posle reorganizacije Komisije Osnovne preporuke su izdate 1951 i 1955 i 1959 godine. Do skoro važeće Preporuke Komisija je štampala 1969, sa amandmanom iz 1971. Sve ove Preporuke, kao i materijale iz rada svojih komiteta, Komisija izdaje u vidu publikacija, poznatih kao ICRP Publications, koje se počev od 1976 godine objavljuju u časopisu "Annals of the ICRP". Najznačajnija publikacija MKRZ-a u poslednje vreme jeste ona iz 1977.godine; MKRZ Publikacija 26 - Preporuke Medjunarodne Komisije za Radiološku zaštitu (ICRP Publication 26 - Recommendations of the International Commission on Radiological Protection).[11] U ovim preporukama su, kao posledica evolucije znanja u ovoj oblasti, usvojene i preporučene neke nove ideje o prilazu zaštiti od zračenja, što će uticati i već utiče, na izvesne promene u regulativi iz oblasti zaštite od zračenja, kako u pojedinačnim zemljama, tako i na medjunarodnom planu, kroz medjunarodne organizacije, kao što su MAAE i druge.

Da bi smo bolje shvatili te promene, zgodno je na ovom mestu reći, ukratko nekoliko reči o Preporukama MKRZ, koje su do sada važile i koje su objavljene u MKRZ Publikacija 9.

1.3. Preporuke Medjunarodne Komisije
za Radiološku Zaštitu, MKRZ
Publikacija 9

Ove Preporuke su zamenile predhodno važeće preporuke, i mada su u suštini bile revizija i inoviranje tih predhodnih Preporuka one su sadržale i izvesne nove ideje pa ćemo ih, stoga, ovde ukratko razmotriti.

Prva glava Publikacije 9 diskutuje osnovne principe na kojima se zasnivaju Preporuke MKRZ. Kao osnovni cilj zaštite postavlja se "svodjenje na razumnu meru štetne somatske efekte kod pojedinaca i štetne nasledne efekte kod stanovništva kao celine".

Uzimajući u obzir da svi organi čovečjeg tela nisu podjednako osetljivi ove preporuke uvode pojam kritični organi i u tom preporučuju četiri grupe kritičnih organa i to:

I grupa - gonade, očna sočiva, koštana srž i (u slučaju uniformog ozračivanja) celo telo

II grupa - koža štitasta žlezda

III grupa - šake, podlaktice, stopala i članke

IV grupa - svi ostali organi

U Preporukama se posebno razmatra ozračivanje pojedinaca a posebno stanovništva kao celine. Pri razmatranju ozračivanja pojedinaca razlikujemo dve kategorije ozračivanih osoba.

A. Punoletni, izloženi zračenju za vreme obavljanja posla

B. Pojedini članovi stanovništva

Norme somatskih doza odnose se na kategorije A i B, dok se norme za stanovništvo odnose na granice genetskih doza.

Granice doza za kategorije A i B i odgovarajuće organe dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Granice doze izlaganja

Grupa organa	Granice doze (rem/god)	
	Kategorija A	Kategorija B
I	5	0,5
II	30	3*
III	75	7,5
IV	15	1,5

*za osobe mladje od 16 godina granica doze za štitastu žlezdu je 1,5 rem/god.

U ovim Preporukama po prvi put je dat jedan širi osvrt na koncept rizika. Ma da ovo nije bilo sasvim novo u filozofiji Komisije, ipak je ovaj koncept tek ovde dat opširnije i detaljnije. Komisija ukazuje da najverovatnije ne postoji prag za pojavu štetnih efekata usled izlaganja zračenju i, dalje, da je veza izmedju verovatnoće pojave štetnih efekata najverovatnije linearna, na čemu su, ustvari, i zasnovane sve Preporuke MKRZ. Svoje gledanje na sve to Komisija u prilično opštim crtama izražava u paragrafu 52 Publikacije 9, gde kaže "Pošto svako izlaganje predstavlja izvestan rizik, Komisija preporučuje da svako nepotrebno izlaganje treba da bude izbegnuto, a sve doze da budu držane onoliko koliko je to moguće dostići (as low as is readily achevable), uzimajući u obzir društvene i ekonomske faktore".

I ako je na ovaj način i u izvesnom smislu Komisija definisala novu filozofiju prilaza zaštiti, ipak u ovim Preporukama nije do kraja razradjen i nov sistem ograničenja izlaganja zasnovan na toj filozofiji. Istini za volju, Komi-

sija je u svojoj Publikaciji 22 (1973), učinila jedan ozbiljan pokušaj u tom pravcu, ali se to ipak svelo na samo još jedan korak u evoluciji ka novom sistemu ograničenja doza[12]. Taj novi sistem Komisija je dala u vidu svojih zvaničnih Preporuka, objavljenih u Publikaciji 26 (Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 26, 1977). Osnove i neki praktični problemi primene ovih Preporuka će i biti predmet našeg daljeg izlaganja u ovom predavanju.

2. Preporuke MKRZ, Publikacija 26

2.1. Uvod

Prema ovim Preporukama "Zaštita od zračenja se bavi zaštitom pojedinaca, njihovih potomaka i čovečanstva kao celine, dozvoljavajući potrebne delatnosti od kojih može doći do ozračivanja zračenjem."[13]

U pogledu štetnih efekata zračenja Komisija ih deli na dve grupe i to

A. Stohastički efekti - pod kojim podrzaumevamo one efekte jonizujućih zračenja za koje je verovatnoća dogadjanja datog efekta, pre nego njegova jačina, funkcija doze zračenja i to bez pojave praga.

B. Nestohastički efekti - su oni efekti jonizujućih zračenja za koje jačina efekta varira sa dozom i za koje može postojati, i obično postoji, prag doze.

Za nivoe doza sa kojima se normalno srećemo u zaštiti od jonizujućih zračenja svi nasledni efekti su stohastički. Od somatskih efekata najvažniji nestohastički efekat je kancerogeneza,koja zbog toga predstavlja i najozbiljniji problem u zaštiti od jonizujućih zračenja.

Za stohastičke efekte ne može se govoriti o bezbednim nivoima izlaganja zračenju, jer je povreda, čak i ona najtežastvar slučajnog dogadjaja i sa smanjivanjem doze zračenja samo se smanjuje verovatnoća da do tog neželjenog dogadjaja dodje, pri čemu se ta verovatnoća ne svodi na nulu.

Neki nestohastički efekti su povezani sa posebnim tkivom ili organom, kao u slučaju katarakta, nemalignih povreda kože, deplicije ćelija itd., dok se drugi pojavljuju u organima ili elementima koji su zajednički za celo telo, kao što su, naprimer, krvni sudovi. Od nestohastičkih efekata, koji zahtevaju izvestan prag doze zračenja pre nego što se pojave, navešćemo eritemu kože, radijacionu bolest, katarakt očnih sočiva itd.

2.2. Veza efekat-doza i faktori rizika

Preporuke MKRZ o granicama doza za stohastičke efekte, o kojima će biti reči kasnije, zasnovane su na linearnoj vezi izmedju doze zračenja i odgovarajućeg stohastičkog efekta. No, ova veza, uopšte gledano, nije tako jednostavna, i naprotiv, prilično je kompleksna, i kao takva zavisi od efekta do efekta. Za mnoge vrste radijacionih povreda najbolje slaganje sa eksperimentalnim podacima dobija se ako se predpostavi da je efekat, E, dat izrazom[13]

$$E = C\,D^{n} \qquad (1)$$

gde su C i n - konstante a D - doza zračenja za linearnu predpostavku n = 1. U nekim slučajevima imamo da je n>1 ukazujući na manje povrede po greju pri nižim dozama. Za neke druge slučajeve najbolje slaganje sa eksperimentalnim podacima se dobija kada uzmemo da je n<1. Tako, na primer, nadjeno je da za izazivanje raka zračenjem u nekim organima n=1/2, i u tom slučaju linearna hipoteza ne bi bila konzervativna[14]. Često se uzima da pojava efekta može da se postavi stepenim redom

$$E = \sum_i a_i D^i \quad \text{.....} \quad (2)$$

gde su a_i - pogodno odabrane konstante, MKRZ - uzima da za zračenje niskog linearnog prenosa energije, efekat u funkciji doze može da bude prikazan sledećim izrazom

$$E = a_1 D + a_2 D^2$$

Kvadratni član $a_2 D^2$ u gornjem izrazu je predominantan za visoke apsorbovane doze, uopšte uzev, preko 1 Greja i pri visokim jačinama doza, reda 1 Grey/min. Linearni član i odgovarajući nagib je predominantan pri malim dozama i jačinama doza, sa kojima se i srećemo u zaštiti od zračenja.

Linearna hipoteza, kaže da pri niskim dozama i jačinama doza, efekat po jednom greju je konstantan. Ovo omogućuje jednostavno sumiranje doza nekog tkiva ili organa kao meru ukupnog rizika, kao i proračun kolektivnog ekvivalenta doze, kao meru ukupne štetnosti za stanovništvo, pri čemu se mora uzeti i predpostavka da je svaka od stohastičkih efekata nezavisan od doze zračenja.

Ma kakva kvantitativna preporuka o granicama izlaganja moraju biti povezane sa kvantitativnim procenama rizika, koji ćemo imati pri korišćenju tih granica. U zaštiti od zračenja pod rizikom podrazumevamo verovatnoću da će kod izvesne osobe doći do pojave štetnog efekta usled izlaganja zračenju.[15] U Publikaciji 26 MKRZ detaljno diskutuje o vrstama povreda koje mogu da nastanu pri izlaganju niskim dozama i daje procenu učestanosti sa kojom se povrede mogu da pojave, kod pojedinih organa ili tkiva. Ovi, takozvani faktori rizika, dati su u tabeli 2, kao srednje vrednosti za pojedine organe i tkiva pri čemu je naznačena i vrsta najznačajnije povrede.

Za potrebe zaštite od zračenja pojedinaca uzima se da je faktor rizika za zračenjem izazvane kancera oko $10^{-2} Sv^{-1}$

Tabela 2. Faktori rizika za pojedine organe i tkiva

Tkivo	Gonade (nasledne)	Crvena koštana srž (leukemija)	Kosti (rak)	Pluća (rak)	Štitasta žlezda (rak)	Grudi (rak dojke)	Rizik za rak svih ostalih organa
Faktor rizika (ri) (Sv^{-1})	10^{-2}	$2\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-4}$	$2,5\cdot10^{-3}$	$5\cdot10^{-3}$

za oba pola i za sve uzraste. Srednji faktor rizika za nasledne efekte za prve dve generacije je $4\cdot10^{-3}Sv^{-1}$.

2.3. Nove veličine i jedinice

Najnovije Preporuke MKRZ uvode i neke nove veličine, ili bolje definišu stare. Ovde ćemo se, ukratko, osvrnuti na njih, zadržavajući se uglavnom na njihovim definicijama [16,17]

Štetnost - Komisija je uvela jedan nov koncept, nazvan Štetnost, koji se uglavnom odnosi na stohastičke efekte. Štetnost, G, u ozračenoj grupi stanovništva je definisana kao očekivana vrednost nastale štete, uzimajući u obzir ne samo verovatnoću svake vrste štetnog efekta već i ozbiljnost svakog od njih. Ovi štetni efekti uključuju kako zdravstvene tako i druge efekte. U izvesnim slučajevima, dovoljno je uzeti u obzir samo zdravstvene efekte. Ako sa p_i označimo rizik da se i-ti efekat dogodi i ako je ozbiljnost tog efekta izražene jednim faktorom g_i, onda je štetnost G u jednoj grupi od N-osoba data izrazom

$$G = N \sum_i p_i g_i$$

Ova relacija važi pod predpostavkom da je $p_i \ll 1$, što je uvek slučaj kada radimo sa nivoima zračenja koji su unutar granica doza preporučeni od strane MKRZ.

U zaštiti od zračenja može se predpostaviti da štetnost dolazi uglavnom od izazivanja fatalnih malignih obolenja,

i izraženih genetskih efekata u prve dve generacije. Pri tome možemo da uzmemo da je faktor g=1, za sve ove efekte.

Efektivna ekvivalentna doza

Da bi ograničila rizik stohastičkih efekata, MKRZ je na svom godišnjem sastanku u Štokholmu (maj 1978) usvojila amandman na MKRZ-26, uvodeći novu veličinu, Efektivnu ekvivalentnu dozu [18] H_E, definisanu

$$H_E = \sum_i \omega_i H_i$$

gde je H_E-zbir Ekvivalentnih doza za pojedine organe (H_T) umnoženih sa odgovarajućim težinskim faktorima $_i$.

Vrednosti za ω_i koje je preporučila ICRP su date u donjoj tabeli.

Tabela 3. Vrednosti faktora ω_i

Organ	ω_T
Gonade	0,25
Grudi (dojke)	0,15
Crvena krvna zrnca	0,12
Pluća	0,12
Tiroida	0,03
Kosti	0,03
Ostali	0,30

Ekvivalentna doza

Kao što je dobro poznato, Ekvivalentna doza u nekoj tački tkiva, je data jednačinom

$$H = D\,Q\,N$$

gde je D-apsorbovana doza, Q - je faktor kakvoće i N je

proizvod svih ostalih modifikujućih faktora. Za sada MKRZ uzima da je N jednako jedinici.

Specijalno ime za jedinicu Ekvivalentne doze je Sivert = Sv (sievert-Sv), i to

$$1\ Sv = 1\ Jkg^{-1} (=100\ rem)$$

Za faktor kakvoće, koji je funkcija od L_∞ - zaustavne sudarne moći, se obično uzimaju srednje vrednosti, $\bar{Q}$, i Komisija predlaže sledeće vrednosti kako za spoljašnje tako i za unutrašnje ozračivanje

- x-zraci, gama zraci, elektroni	1
- neutroni, protoni i jedanput naelektrisane čestice nepoznate energije i mase mirovanja veće od atomske masene jedinice	10
- α, čestice i višestruko naelektrisane čestice (kao i čestice nepoznatog naelektrisanja) nepoznate energije	20

<u>Kolektivna efektivna ekvivalentna doza, S_E</u>

Kolektivna efektivna ekvivalentna doza, S_E, za dato stanovništvo, je definisana izrazom

$$S_E = \int_0^\infty H_E N(H_E) dH_E$$

gde je $N(H_E)$ spektar stanovništva u pogledu efektivne ekvivalentne doze, definisan tako da $N(H_E)dH_E$ predstavlja broj osoba koje prime ekvivalentnu dozu u opsegu H_E, H_E+dH_E.

U izvesnim slučajevima zgodno je koristiti jačinu kolektivne efektivne doze, $\dot{S}_E(t)$,

$$\dot{S}_E(t) = \int_0^\infty \dot{H}_E \, N(\dot{H}_E) d\dot{H}_E$$

Kolektivna efektivna komitmentna ekvivalentna doza, $S_{E,K}$

Kolektivna efektivna komitmentna ekvivalentna doza, $S_{E,K}$ uzorkovana izvesnim dogadjajem ili aktivnošću k, je beskonačni integral po vremenu od jačine kolektivne efektivne ekvivalentne doze

$$S^C_{E,k} = \int_0^\infty \dot{S}_{E,k}(t) dt$$

Efektivna komitmentna ekvivalentna doza, H^C_E

Efektivna komitmentna ekvivalentna doza, H^C_E se definiše kao beskonačni vremenski integral sredine efektivne jačina ekvivalentne doze za dato izloženo stanovništvo

$$H^C_E = \int_0^\infty \bar{H}_E(t) dt$$

Nekompletna efektivna komitmentna ekvivalentna doza, (H^τ_E)

Nekompletna efektivna komitmentna ekvivalentna doza (H^τ_E) je odgovarajući vremenski integral za vreme trajanja (τ) date delatnosti, tj.

$$H_E^{\tau} = \int_0^{\tau} \bar{H}_E(t)\,dt$$

2.4. Sistem organičavanja doza

U MKRZ publikaciji 26, Komisija je preporučila sistem ograničavanja doza, zasnovan na sledeća tri principa zaštite

A. Nikakva delatnost ili proizvod sa izvorima jonizujućih zračenja ne mogu da budu odobreni ukoliko odnosna delatnost ili proizvod ne daju pozitivnu neto korist

B. Svi nivoi izlaganja zračenju moraju biti držani toliko nisko koliko je to razumno moguće postići, uzimajući u obzir ekonomske i društvene faktore

C. Ekvivalentna doza za pojedince ne treba da predje granice koje preporučuje Komisija za odgovarajuće situacije.

Ove tri komponente sistema ograničenja doza mogu se,respektivno uzev, ukratko izraziti kao

- Opravdanost delatnosti
- Optimizacija zaštite
- Ograničavanje individualnog rizika

Razmotrićemo, ukratko, svaku od ove tri komponente.

A. Opravdanost delatnosti

U principu opravdanosti neke delatnosti ili proizvoda sa izvorima jonizujućih zračenja se dobija analizom rizik/korist, (ili cena/korist), koja treba da obezbedi da je ukupna štetnost dovoljno mala u odnosu na koristi

koje dolaze od usvojene delatnosti. Korist uključuje sve prednosti koje društvo dobija, kako one koje se mogu direktno kvantitativno izraziti, tako i ostale.

Najopštije uzev, ceo proces se svodi na odredjivanje odgovarajuće neto koristi, B, po formuli

$$B = V - (P+X+Y)$$

gde su V-bruto korist; P-osnovna cena koštanja proizvoda; X-cena dostizanja izabranog nivoa zaštite i Y-cena štetnosti od zračenja koja dolazi iz procesa proizvodnje i korišćenja.

Odluka o opravdanosti date delatnosti je u osnovi politička odluka. Kada je u pitanju delatnost sa izvorima zračenja od opšte društvene važnosti, onda ta odluka treba da bude donesena na najvišem nivou u federaciji. Kompetencije organa koji se bave zaštitom od zračenja (sanitarni inspektorati, ovlašćene ustanove za poslove zaštite od zračenja i neke za sada možda još nepostojeće institucije) na nivou opravdavanja date delatnosti su ograničene na procenu radijacionog rizika i eventualno predlog odgovarajućih zaštitnih mera, nikako pri tome ne ulazeći u ocenu koristi različitih predloženih delatnosti.

Ucpšte uzev, opravdanost neke delatnosti ili proizvoda sa izvorima jonizujućih zračenja je za aktivnost zaštite od zračenja predpostavka od koje ona polazi, pre nego njena delatnost.

B. Optimizacija zaštite

Jedna od tri osnovne komponente sistema zaštite od zračenja je zahtev da sve doze treba da budu držane onoliko nisko koliko je to razumno moguće postići (as low as it is reasonably achiavable). Ovo se često u literaturi naziva ALARA princip. Ispunjavanje ovog zahteva ustvari predstavlja optimizaciju zaštite i svakako je najvažniji zadatak zaštite od jonizujućih zračenja. Optimizacije zaštite je identična sa procenom cena/efektivnost, što se svodi na maksimizaciju

neto koristi, koja se, u našem slučaju dobija iz izraza

$$\frac{dV}{dS} - \left(\frac{dP}{dS} + \frac{dX}{dS} + \frac{dY}{dS}\right) = 0$$

gde je S-nezavisna promenljiva za koju se obično uzima kolektivna efektivna ekvivalentna doza. Pošto se za usvojenu delatnost ili proizvod jonizujućih zračenja V i P mogu smatrati nezavisnim od S, to onda sledi da je

$$\left(\frac{dX}{dS}\right)_{S_o} = - \left(\frac{dY}{dS}\right)_{S_o}$$

gde je S_o-optimalna vrednost.

Za potrebe analize optimizacije, može se uzeti da je Y-cena štetnosti, data izrazom

$$Y = \alpha S$$

gde je α-novčana cena pripisana jediničnoj kolektivnoj efektivnoj ekvivalentnoj dozi. Iz zadnje dve jednačine neposredno dobijamo

$$\left(\frac{dX}{dS}\right)_{S_o} = -\alpha$$

MKRZ nije preporučila nikakvu vrednost za α, ali se u literaturi[19,20] mogu naći procene, koje se, srednje uzev, gomilaju oko $(1-2)\cdot 10^4$ po čoveku sivertu.

C. Ograničavanje individualnog rizika

Primena procesa analiza povezanim sa principima opravdanosti i optimizacije, ne obezbedjuje uvek dovoljnu zaštitu od zračenja za pojedince, naročito ne u onim slučajevima kada sve štetnosti i sve koristi nisu ograničeni

na jednu te istu grupu osoba. Zbog toga se, nezavisno od rezultata rizik/korist i cena/efektivnost analiza, uvode granice ekvivalentne doze za pojedince.

Nove granice ekvivalentne doze su zasnovane na ukupnom riziku koji dolazi od ozračivanja svih izloženih organa i tkiva. To praktično znači da je štetnost po godini koja dolazi od neke delatnosti nezavisna od raspodele ekvivalentne doze u organizmu. Ovo se u prvom redu odnosi na stohastičke efekte. Ograničenje je ovde da doza za dati organ ne sme da prodje granicu iznad koje bi došlo do pojave nestohastičkog efekta.

Ovde treba naglasiti da granice doza preporučene od strane MKRZ u publikaciji 26 treba shvatiti nešto drukčije od ranije upotrebljavanih maksimalno dozvoljenih doza. Ove sada preporučene granice treba shvatiti kao <u>granične uslove</u> za procedure opravdavanja i optimizacije.

Što se ograničenja rizika za pojedince tiče, granice ekvivalentne doze se primenjuju na dve kategorije: profesionalno zaposlena lica i pojedince iz stanovništva.

3. Granice ekvivalentne doze

3.1. Granice ekvivalentne doze za profesionalno zaposlena lica

Granice ekvivalentne doze jonizujućih zračenja za lica koja profesionalno rade sa radioaktivnim materijalima i drugim izvorima jonizujućih zračenja su ustanovljene tako da je rizik ozračivanja tim zračenjima reda veličine rizika drugih profesija i to onih za koje se uzima da imaju visoki stepen sigurnosti. Kao profesija visokog stepena sigurnosti uzimaju se one profesije kod kojih srednja smrtnost usled profesionalnih opasnosti ne prelazi 10^{-4}. Ovaj prilaz se odnosi na stohastičke efekte. Za nestohastičke efekte, za čije je pojavljivanje potreban izvestan prag ekvivalentne doze, granice se uspostavljaju tako

da se njihovom primenom u praksi sprečava pojava tih efekata.

Za nestohastičke efekte za lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja, ekvivalentna doza ne treba da predje 0,5 Sv za jednu godinu za sva tkiva sa izuzetkom očnih sočiva. U slučaju očnih sočiva ta granica iznosi 0,3 Sv godišnje.

Za stohastičke efekte, granica ekvivalentne doze je zasnovana na principu da rizik treba da bude isti nezavisno od toga da li imamo uniformno ozračivanje celog tela ili imamo slučaj neuniformnog ozračivanja. Taj uslov će biti zadovoljen ako je

$$\sum_i \omega_i H_i \leq H_{T,G}$$

gde je ω_i-težinski faktor koji predstavlja deo stohastičkog rizika koji potiče od i-og tkiva u odnosu na ukupan rizik, kada je celo telo uniformno ozračeno. H_i je ekvivalentna doza u i-om tkivu, a $H_{T,G}$ je godišnja granica ekvivalentne doze za uniformno ozračivanja celog tela, uzeta da iznosi 50 mSv. Faktori ω_i su dati ranije.

Kada imamo slučaj spoljašnjeg ozračivanja prodornim zračenjem, onda je čest slučaj da ne postoje informacije o stvarnoj raspodeli ekvivalentne doze u ozračenom telu. Tada je moguće proceniti maksimalnu vrednost ekvivalentne doze u tkivu-ekvivalentnoj sferi dijametra 30 cm. Ova vrednost se zove indeks ekvivalentne doze i obeležava se sa H_I.

U slučaju da se spoljašnje i unutrašnje ozračivanje odigravaju zajedno, granice doze za stohastičke efekte neće biti predjene ako je zadovoljen sledeći uslov

$$\frac{H_I}{H_{T,G}} + \sum_j \frac{I_j}{I_{j,G}} \leq 1$$

gde su

H_I - godišnji indeks ekvivalentne doze

$H_{T,G}$ - godišnja granica ekvivalentne doze

I_j - godišnje unošenje j-og radionuklida

$I_{j,G}$ - godišnja granica unošenja j-og nuklida

Ove vrednosti se odnose na sva profesionalno zaposlena lica, nezavisno od pola i doba starosti.

3.2. Granice ekvivalentne doze za pojedince iz stanovništva

Danas se u svetu smatra da prihvatljiv rizik za pojedinca iz tanovništva od ma koje delatnosti leži u opsegu 10^{-6} do 10^{-5}. S obzirom na ukupan koeficijenat rizika od zračenja $r \sim 10^{-2} Sv^{-1}$ za stohastičke efekte. Ova bi granica ekvivalentne doze za pojedince iz stanovništva trebala bi da bude oko 1 mSv po godini, pod predpostavkom izlaganja zračenju celog tela u toku celog života. Preporuke MKRZ utvrdjuju godišnju granicu ekvivalentne doze od 5 mSv. Razlog za ovo povišenje leži u činjenici da se smatra da pri ovoj granici stvarna srednja ekvivalentna doza za neku kritičnu grupu stanovništva će biti manja od 0,5 mSv.

Za nehomogeno ozračivanje dozom H_i za i-ti organ, ograničavajući uslov je

$$\sum_i \omega_i H_i \leq H'_{T,G} \quad (= 5mSv)$$

gde su faktori ω_i isti kao i za slučaj profesionalnog izlaganja.

Da bi se sprečilo da ma koji organ ili tkivo primi ukupnu dozu koja bi mogla da dovede do nestohastičkih efekata, utvrdjena je granica ekvivalentne doze za nestohastičke efekte za pojedine iz stanovništva u sredini u kojoj žive i ona iznosi 50 mSv.

Granice za pojedince iz stanovništva su iste za oba pola, ali pri izračunavanju ekvivalentne doze za poje-

dince iz stanovništva od unošenja radionuklida, moraju biti uzete u obzir razlike u veličini organa ili u metaboličkim karakteristikama kod dece. Odgovarajući podaci mogu da budu nadjeni u MKRZ-publikaciji 23.

3.3. Izlaganje stanovništva

U svojim predhodnim Preporukama MKRZ je sugerirala granicu genetske doze za stanovništvo. Vreme je pokazalo da ranije sugerirane granice (50 mSv/30 god.), teško da su ikada mogle da budu dostignute.

U ovim preporukama Komisija ne preporučuje nikakve granice za stanovništvo. Iz dosadašnjeg izlaganja je jasno da je granica za ozračivanja stanovništva predstavlja zbir koji se dobija sabiranjem svih minimalnih potrebnih doprinosa, a ne neku dozvoljivu vrednost koja stoji na raspolaganju za raspodelu po pojedinim delatnostima. Svi doprinosi izlaganja zračenju od veštačkih izvora moraju da budu opravdani koristima koju dobijamo od nihove upotrebe i, uz to, mora biti izvršena i odgovarajuća optimizacija sa gledišta zaštite stanovništva. Ovo, plus sistem ograničenja preporučen od strane MKRZ, će sigurno obezbediti da srednja doza za stanovništvo ne pređe 0,5 mSv godišnje.

3.4. Neke opaske

Sistem ograničavanja doza preporučen od strane ne odnosi se na ozračivanje od prirodnog fona i medicinskog ozračivanja.

Pod "medicinskim ozračivanjem" se podrazumeva planirano ozračivanje pacijenata u dijagnostičke i terapeutske svrhe, kao i ozračivanja koja potiču pri veštačkom zamenjivanju organa tela ili njihovih funkcija (napr. srčane pumpe, pensmejkeri itd.). Pod medicinskim ozračivanjem se ne podrazumeva ozračivanje osoblja koje radi na davanju zračenja pacijentima, kao ni ozračivanju jednog pacijenta od drugog.

Svako medicinsko ozračivanje mora da zadovolji sledeće uslove: Nepotrebno ozračivanje mora da bude izbegnuto;

potrebna ozračivanja moraju biti opravdana koristima koje se ne bi mogle dobiti na drugi način; doze date pacijentu mora da budu ograničene na minimum, koji je usaglašen sa korišću za pacijenta kao individue.

4. Norme zaštite

Važno je uočiti razliku izmedju raznih vrsta normi zaštite: granica i nivoa.

4.1. Osnovne granice

Osnovne granice se sastoje iz primarnih i sekundarnih granica.

Primarne granice su granice ekvivalentne doze za ceo organizam ili pojedine njegove organe.

Sekundarne granice su date za spoljašnje i unutrašnje ozračivanje. Za slučaj spoljašnjeg ozračivanja celog tela sekundarna granica se primenjuje na maksimalnu ekvivalentnu dozu u telu na debljini od 1 cm. Sekundarne granice za unutrašnje izlaganje su godišnje granice unošenja inhalacijom ili gutanjem.

4.2. Izvedene granice

Izvedene granice su povezane sa veličinama koje nisu ni ekvivalentna doza niti unošenje. One su povezane sa osnovnim granicama pomoću usvojenog modela za datu situaciju. Izvedene granice mogu da budu ustanovljene za veličine kao što su jačine ekvivalentne doze na radnom mestu, kontaminacija vazduha, kontaminacija površina, vode.

4.3. Autorizovane (odobrene) granice

Autorizovane granice su granice koje su odobrene od strane odgovornih organa ili institucija. Ove granice, uopšte uzev, treba da budu ispod izvedenih granica mada, u izuzetnim slučajevima, autorizovane granice mogu da budu jednake izvedenim. Proces optimizacije može se koristiti

za utvrdjivanje autorizovanih granica, ali treba naglasiti da se one primenjuju samo u ograničenom broju slučajeva.

4.4. Referentni nivoi

Referentni nivoi nisu granice i koriste za odredjivanje postupaka kada vrednost neke veličine prelazi, ili se očekuje da će preći, referentni nivo. Odgovarajući postupak može da se proteže od jednostavnog registrovanja podataka, preko izučavanja uzroka i posledica pa do mera intervencije. Najčešći oblici referentnih nivoa su nivoi registrovanja, nivoi ispitivanja i nivoi intervencije.

5. Aktivnosti u svetu oko primene novih MKRZ preporuka

Pojava MKRZ Publikacije 26, sa dalje razradjenim i u znatnoj meri i novim prilozima zaštiti od zračenja, izazvala je živu aktivnost, kako u pojedinim medjunarodnim organizacijama, koje se bave pitanjima primene nuklearne tehnologije i zaštite od zračenja, tako i u znatnom broju pojedinačnih zemalja. Razmotrićemo, najkraće što se može, neke od tih aktivnosti.

5.1. Aktivnosti medjunarodnih organizacija i tela

Posebnu aktivnost u vezi primene novih MKRZ preporuka je pokazala Medjunarodna Agencija za Atomsku Energiju - MAAE.[21] Agencija je već u oktobru 1977.godine, zajedno sa nekim drugim medjunarodnim organizacijama, osnovala radnu grupu čiji je zadatak bio da radi na pripremi i razradi osnovnih materijala za usaglašavanje agencionih Osnovnih standarda za zaštitu od zračenja (IAEA Basic Standards for Radiation Protection) sa novim preporukama MKRZ. U toku 1978.godine Agencija je radni materijal, koji je napravila ova grupa na tu temu, raspodelila svojim članicama za komentare i primedbe, koji su kasnije sistematizovani i poslužiće kao dobar materi-

jal za dalji rad ove radne grupe.

Početkom marta ove godine u organizaciji MAAE održan je skup na temu "Praktični problemi primene najnovijih preporuka MKRZ (1977) i revizija Osnovnih standarda MAAE za zaštitu od zračenja". Sastanku je prisustvovalo oko 250 učesnika iz 35 zemalja i 10 medjunarodnih organizacija.

Posle ovog Seminara radna grupa će nastaviti sa intenzivnim radom u 1979 i 1980 godini. Agencija pored ovog Seminara predvidja i druge aktivnosti sa ciljem davanja detaljnijih upustava za primenu novog sistema doza. Jedna radna grupa će imati svoj sastanak u toku 1979 godine na temu cena/korist analize u zaštiti od zračenja. Jedna druga grupa ima u toku 1979.godine zadatak da da praktična upustva za procedure ustanovljavanja granica za ispuštanje radioaktivnih materijala.

Prostor nam ne dozvoljava da detaljnije razmatramo aktivnost drugih medjunarodnih organizacija na ovom planu, ali valja pomenuti da organizacije kao što su Svetska Zdravstvena Organizacija (WHO), OECD Agencija za nuklearnu energiju i druge imaju već svoj razradjen program rada na izradi upustava o primeni novog sistema ograničenja doza.

5.2. Aktivnosti u pojedinim zemljama

Nove preporuke MKRZ iz 1977 godine izazvale su u mnogim zemljama aktivnosti u pravcu inovacija svoje regulative u svetlosti tih novih preporuka. Jedan opšti zaključak je da su iskustva na tom planu u većini zemalja dosta ograničena i da je potrebno još dosta rada pre nego što se nove preporuke definitivno ugrade.[22]

U primeni ovih novih preporuka najdalje su otišle skadinavske zemlje, posebno Svedska. Zatim verovatno dolazi Engleska. Može se reći da ove zemlje, manje više, baziraju svoju regulativu na tri osnovna principa sistema ograničava doza. Druge neke zemlje, kao što su SSSR, SAD i druge prihvataju nove preporuke, ali ih ugradjuju, (za sada bar) u stari sistem, zadržavajući stare koncepte, kao što su kritični organi, i dr.

Iz materijala prezentiranih na pomenutom seminaru u Beču početkom marta ove godine, vidi da i u većini drugih zemalja postoji veoma živa aktivnost na ugradjivanju novih preporuka u sistem ograničavanja doza tih zemalja.Tu možda treba istaći Francusku, Indiju, obe Nemačke, Koreju i druge. Za detalje o svemu tome čitalac se upućuje na reference koje predstavljaju sastavni deo ovog predavanja.

6. Šta da se radi?

Moramo reći da u našoj zemlji ne postoji nikakva ozbiljnija organizovana aktivnost na razradi i primeni novih preporuka MKRZ kod nas. Istini za volju treba reći da je tu i tamo bilo pojedinačnih pokušaja, ali se, uglavnom na njima samo i ostalo. Treba reći da naša sadašnja regulativa iz oblasti zaštite od zračenja često zanemaruje čak i osnovne stavove iz starih Preporuka,naročito one koji su vodili ka novom sistemu ograničavanja doza.

Postavlja se pitanje šta mi, u našoj zemlji,treba sad da radimo. Kao prvo treba da nam bude jasno da mi moramo inovirati našu regulativu iz oblasti zaštite od zračenja u svetlosti novih preporuka, izmedju ostalog i zbog interakcije na tom planu naše zemlje sa medjunarodnim organizacijama i drugim zemljama.

Sigurno je da prvi korak u pravcu inoviranja treba da bude razrada novih Preporuka za naše uslove i dogovor o osnovama na kojima ćemo izgradjivati naš sistem ograničavanja doza. Dalje akcije, koje uključuju i neka pitanja organizacije zaštite u našoj zemlji, sledi će prirodno posle postizanja pomenutog dogovora.

Abstract

In this Lecture a review is given of new dose limitation system recommended by the ICRP in its Publication 26. In addition activities of the ICRP prior to the latest recommendations is discussed. Activities in different countries, as well as of some of the International Organ-zation on implementation of new recommendation are also considered.

Reference

1. K.Z.Morgan, Radiation Dosimetry, Proceedings of the International Summer School on Radiation Protection-Cavtat, 1970, Editted by I.Mirić

2. E.H.Grube, X-Ray Treatment, Its Origin, Birth and Early History, Bruce Pub. Co. 1949.

3. H.T. Edison at all. Nature 53, 421, 1896

4. N.Tesla, Electrical Rev. December 2, 1896

5. Recommendations of the British X-Ray and Radium Protection Committee, Brit. J.Radiol. 3, 17, 100, 1921.

6. G.E.Protection in Radiology,Amer.J. Roengen, 9, 803,1922.

7. L.S.Taylor, Radiation Protection Standard, CRC Press,1971.

8. Ref.7.

9. H.Wintz and W.Rump, Protective Measures against dangeres from the use of radium, roentgen and ultra violet rays, Leage of Nations, C.H.1054, Geneva 1931.

10. ICRP - Publication 9, Pergamon Press 1969

11. ICRP Publication 26, Pergamon Press 1977.

12. ICRP Publication 22, Pergamon Press 1973.

13. K.Z.Morgan, Health Physics - Past Present and Future First Asian Regional Congress of IRPA, Bombay, India December 15-20, 1974.

14. J.Baum, Meeting of the Health Physics Society Houston, Texas, July 10, 1974.

15. P.Marković, Radijacioni Rizik, VIII Simpozijum JDZZ, Herceg-Novi 20-23 maj 1975, ibid Health Physics, vol.31, pp.276, 1976.

16. ICRP Publication 26, Pergamon Press 1977.

17. P.Marković, Current Problems and Concerns of the Health Physicist, Proceedings of the International Summer School on Radiation Protection, Herceg-Novi,1976. Edited by P.D.Marković

18. The 1978 Stockholm Meeting of the ICRP, Health Physics, Vol.35, No.4. october 1978.

19. Bo Lindel, Basic Concepts and Assumptions behind the New ICRP Recommendations, IAEA-SR-36/51, IAEA Seminar, Vienna, Austria, 5-9 March 1979.

20. D.Beninson, Optimization of Radiation Protection, IAEA-SR--36/53. IAEA Seminar, Vienna, Austria, 5-9 March 1979.

21. H.T.Daw, Status of the Basic Safety Standards for Radiation Protection, IAEA Seminar, Vienna, Austria, 5-9 March 1979 (written statement given on Wendsday 7 March 1979) Reference 22-25 su sa Topical Seminar on the Practical Implications of the ICRP Recommendation (1977) and the Revised IAEA Basic Standards for Radiation Protection, Vienna, 5-9 March 1979.

22. L.A.Iljin i dr. Primenenie rekomendacin MKRZ 1977 goda pri podgotovke otečestvenih nori radiacionoj bezopaznosti. IAEA-SR-36/57.

23. R.E.Alexander, Practical Implications of the United States Nuclear Regulatory Comission on the ICRP Recommendations (1970), IAEA-SR-36/31.

24. W.R.Resenbander, Application of the ICRP Recommendations for Optimizing radiation protection Measures in a Nuclear Research Center.

25. Niz drugih referenci sa pomenutog seminara.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 3o, 31. V i 1. VI 1979.

PRILOG DISKUSIJI O PRIMENI NOVIH PREPORUKA MEDJUNARODNE KOMISIJE ZA RADIOLOŠKU ZAŠTITU

M. Jeremić, R. Radovanović, D. Panov i M. Kilibarda

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović - Beograd

Rezime

U saopštenju se iznose osnovne koncepcije novih Preporuka Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu, koje se odnose na sistem ograničenja doza.

Posebna pažnja posvećena je interpretaciji principa primene jonizujućih zračenja u zavisnosti od "pozitivne neto koristi" i ALARA principa, klasifikaciji radnih uslova za profesionalnu ekspoziciju, profesionalnoj ekspoziciji žena u reproduktivnom dobu i u toku graviditeta, ograničenju ekvivalenta doze za pojedince i populaciju u celini, i kritičnim organima.

Uvod

Nove Preporuke Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu, koje su objavljene početkom 1977. godine u Publikaciji ICRP broj 26 (1), postale su predmet brojnih diskusija o novim aspektima radiološke zaštite. Mnogi naučni radnici, i medjunarodne asocijacije koje se bave problemima radiološke zaštite, održali su niz sastanaka, seminara i diskusija za okruglim stolom o praktičkim problemima primene Preporuka ICRP-26 i reviziji postojećih standarda.

Ovim saopštenjem želimo da damo svoj prilog diskusiji o praktičkoj primeni Preporuka ICRP i predloge kako da neke od osnovnih, principskih postavki ICRP prevedemo u konkretne, zajedničke stavove, koji bi nam poslužili kao osnov pri izradi novih normativnih akata iz oblasti radiološke zaštite.

Osnovni principi sistema ograničenja doza

Nove Preporuke Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP -26) bitno se razlikuju od Preporuka usvojenih 1966. godine (ICRP-9) (2) i suštinski menjaju čitavu filozofiju dosadašnjeg pristupa problemima radiološke zaštite. Jednu od važnih promena u novim Preporukama predstavlja ukidanje pojma "maksimalno dopustive doze" i njegova zamena pojmom "ograničenje doze".

Osnovni principi na kojima se zasniva novi sistem ograničenja doza su sledeći:

a) nikakva primena izvora jonizujućih zračenja ne može se odobriti, ako takva primena ne donosi pozitivnu neto korist;

b) svako izlaganje jonizujućem zračenju mora biti držano na najnižem nivou zračenja, koliko je to razumno mogućno postići s obzirom na ekonomske i socijalne faktore - ALARA princip (ALARA predstavlja akronim od : as low as reasonably achievable);

c) ekvivalenat doze za pojedince ne sme preći granice predložene od ICRP, za odgovarajuće okolnosti.

Navedeni principi, kako se vidi, dati su dosta uopšteno i u njima se više vodi računa o ekonomskim, socijalnim i drugim merljivim i nemerljivim faktorima, no o samom zdravstvenom riziku izloženih lica ili grupa, što u sebi sadrži i odredjenu etičku dimenziju.

Naše je mišljenje da je ispravnije prihvatiti stavove:

1) da se isključi svako neosnovano ozračivanje ljudi, nezavisno od procene da li to ozračivanje donosi "pozitivnu neto korist";

2) da svako izlaganje jonizujućem zračenju mora biti držano na najnižem nivou zračenja koliko je to razumno mogućno postići, bez obzira na ekonomske, socijalne i druge faktore;

3) da je potrebno uspostaviti granice nivoa zračenja, kako za pojedince, posebne grupe izloženih lica i populaciju u celini, koje se ne smeju prekoračiti.

Klasifikacija radnih uslova

U Preporukama ICRP-26 predložene su dve kategorije radnih uslova za profesionalno izložena lica, u zavisnosti od veličine doze koju ta lica mogu da prime u toku godine, i nazvane su radni uslovi A i B.

Radni uslov A - predstavlja takve radne uslove pri kojima godišnja ekspozicija zračenju može da predje 3/lo godišnje granice ekvivalenta doze od 5o mSv (5 rema), dok radni uslov B predstavlja takve radne uslove pri kojima godišnja ekspozicija ne može da predje 3/lo godišnje granice ekvivalenta doze.

Individualna kontrola primljenih doza putem lične dozimetrije i obavezna medicinska kontrola, predlažu se samo za lica koja rade u radnim uslovima A, dok za radnike koji rade u radnim uslovima B nije obavezna ni dozimetrijska ni zdravstvena kontrola. Potrebno je napomenuti da se u Preporukama ni na jednom mestu ne navodi kome treba poveriti odgovornost da izvrši navedenu klasifikaciju.

Naše je mišljenje da se, u principu, ovakva klasifikacija može prihvatiti. Smatramo, medjutim, da je neophodno da sva lica koja rade u zoni jonizujućih zračenja i dalje nose lične dozimetre i to: u kategoriji A sa jednomesečnim očitavanjem primljenih doza, a u kategoriji B sa tromesečnim očitavanjem. Isto tako, potrebno je da sva lica budu pod zdravstvenim nadzorom, u cilju prevencije mogućnih oštećenja, kao i u cilju praćenja kasnih efekata pri duževremenom izlaganju malim dozama jonizujućih zračenja. Mišljenja smo da i lica koja povremeno rade sa izvorima jonizujućih zračenja ili ne rade direktno sa njima, ali su po prirodi svoga posla obavezna da stalno ili povremeno borave u zoni zračenja budu, takodje, pod stalnom dozimetrijskom i zdravstvenom kontrolom i da budu svrstana u kategoriju B.

Posebne grupe stanovništva

U posebne grupe stanovništva treba svrstati lica koja se profesionalno ne izlažu jonizujućim zračenjima, ali borave u blizini izvora zračenja (nuklearni reaktori, druge nuklearne mašine, radioaktivni materijali i dr.). U ovu grupu treba svrstati i pojedince iz stanovništva.

Stanovništvo u celini

U ovu grupu treba svrstati ukupno stanovništvo regiona, poktajine, republike i cele teritorije Jugoslavije.

Ovakva kategorizacija lica u tri grupe omogućuje utvrdjivanje odredjenih granica ozračenja iznad kojih pojedinci iz svake grupe ne smeju biti ozračeni iznad utvrdjenih nivoa.

Pojam kritičnog organa

U Preporukama ICRP-26 napušta se pojam kritičnog organa i vrši se procena oštećenja na osnovu stohastičkih i nestohastičkih efekata. Za stohastičke efekte predlaže se godišnja granica ekvivalenta doze od 5o mSv (5 rema), dok se za nestohastičke efekte predlaže granica ekvivalenta doze od o,5 Sv (5o rema) za sva tkiva, osim očnog sočiva, za koje Komisija predlaže granicu od o,3 Sv (3o rema) godišnje. Sovjetski autori (3) zadržavaju u svojim postavkama pojam kritičnog organa i na osnovu radioosetljivosti pojedinih organa ili tkiva utvrdili su tri grupe kritičnih organa:

I grupa - celo telo, gonade, hematopoezni organi;

II grupa - štitna žlezda, jetra, bubrezi, očno sočivo, gastrointestinalni trakt i drugi organi koji se ne nalaze u I ili III grupi;

III grupa - koža, kosti, prsti ruku, podlaktice, skočni zglobovi i stopala.

Na osnovu ovakve klasifikacije kritičnih organa, utvrdjene su i granice doza ozračenja za pojedine organe (Tab. br. 1).

Tab. br. 1

Granice doze ozračenja

granice doze ozracenja (spoljasnjeg i unutrasnjeg) rem/god.	kritični organi		
	I	II	III
granice dozvoljene doze za profesionalnu ekspoziciju	5	15	3o
granice dozvoljene doze za posebne grupe stanovnistva	o,5	1,5	. 3

Naše je mišljenje da je utvrdjivanje granica doza prema radioosetljivosti pojedinih organa prihvatljivije, jer su mnogobrojna dosadašnja iskustva iz prakse pokazala da radioosetljivost svih organa i tkiva nije ista i da do pojave nestohastičkih efekata može da dodje i pri znatno nižim dozama od onih koje su predviđjene u Preporukama ICRP-26.

Dinamika dozvoljenog ozračenja profesionalno izloženih lica

Preporuke ICRP-26 ne predvidjaju ograničenje doza za profesionalnu ekspoziciju u toku jedne godine, ukoliko se te doze nalaze u granicama dozvoljenih godišnjih normi za stohastičke efekte (5o mSv), dok se odredjena ograničenja predvidjaju za žene u reproduktivnom dobu i u toku trudnoće. Za žene u reproduktivnom dobu predvidja se ograničenje ekvivalenta doze na 5 mSv (5oo mrema) u toku bilo koja dva uzastopna meseca. Smatra se, naime, da je pri približno ravnomernoj profesionalnoj ekspoziciji žene malo verovatno da bi embrion mogao u toku prva dva meseca trudnoće primiti dozu veću od 5 mSv, i da bi ovakav postupak predstavljao dovoljnu zaštitu za embrion u toku najbitinijeg perioda organogeneze. Ženama je, prema Preporukama, dozvoljen dalji rad sa izvorima jonizujućih zračenja u toku celog toka graviditeta, s tim da rad mogu nastaviti pod uslovima pod kojima rade lica iz kategorije B.

Naše je mišljenje da preporuke koje se odnose na distribuciju ekvivalenata godišnjih doza profesionalno izloženih lica i na žene u reproduktivnom periodu treba prihvatiti, ali da u pogledu žena kod kojih je utvrdjen graviditet, treba primeniti strože kriterijume. Mi stojimo na stanovištu da gravidnim ženama treba zabraniti rad u zoni jonizujućih zračenja u toku celog toka trudnoće a ako rade sa otvorenim izvorima zračenja, zabraniti rad i za vreme dojenja deteta, kako je to predvidjeno i našim postojećim zakonskim propisima (4).

Kolektivna doza i ekspozicija stanovništva

U dosadašnjim Preporukama (2) granica doze za stanovništvo iznosila je 5o mSv (5 rema) za trideset godina. U novim Preporukama (1) ne predlažu se granice doza za ozračenje stanovništva, već se utvrdjuju srednji ekvivalenti doze za pojedince iz stanovništva, od.5 Sv godišnje.

Mi smo mišljenja da je potrebno da se utvrdi granica ekvivalenta

doze za stanovništvo, koja ne bi smela da bude veća od o,5 mSv (5o mrema) godišnje iz svih izvora zračenja, izuzimajući ozračenje iz prirodnih izvora i iz terapijske primene jonizujućih zračenja.

Kontrolni nivoi

U Preporukama ICRP-26 predlaže se sistematska kontrola samo kategorije A lica profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima.

Mi smo mišljenja da je potrebno i ostale populacije koje se izlažu dejstvu jonizujućih zračenja, pored kategorija A i B, podvrgnuti zdravstvenom nadzoru, a da se način ovog nadzora, učestalost i evaluacija rezultata kontrole utvrde u zavisnosti od uslova boravka u zoni jonizujućih zračenja, vrste jonizujućih zračenja i ostalih relevantnih parametara.

Abstract

In this paper some of the basic concepts of the new Recommendations ICRP-26 concerning the system of dose limitations are discussed.

The problems in the application of "positive net benefit" principle and ALARA principle have been identified. Attention is given to the system of classification of conditions of work for professional exposure, occupational exposure of women of reproductive capacity and of pregnant women, dose-equivalent limit for individual members of the public and exposure of populations, and to the critical organs.

Bibliografija

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Pergamon Press (1977).
2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Adopted September, 17, 1965), ICRP Publication 9, Pergamon Press (1966).
3. Normi radiacionnoj bezopasnosti (NRB-76), Moskva, Atomizdat (1977).
4. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, Službeni list SFRJ broj 54/76.

I. Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
29.05 - 1.06 1979.g. -Aranđelovac

RAZMATRANJE PREPORUKA ICRP-26 PRIMENJENIH U RUDNICIMA SA RADIOAKTIVNIM POJAVAMA

Hajduković D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr.Dragomir Karajović" u Beogradu

Rezime:

U radu su razmatrani odnosi koji postoje između preporuka ICRP,publikacija 26, primenjene na rudnike sa radioaktivnim pojavama -koja se oslanja na WLM i gama dozu od eksternog gama zračenja - i metodologije obračunavanja absorbovane doze na plućima i bronhijama od inhalacije radona i potomaka.

Uvod

Nove preporuke ICRP,poznate kao publikacija 26 iz 1977. g.(1) u delu koji se odnosi na rudnike sa radioaktivnim pojavama, gde su radnici izloženi i internom i eksternom ozračenju u jami, daju izvesne uprošćene relacije tih ozračenja i na taj način napuštaju dosadašnji stav o značajnosti i kritičnog organa u pogledu ozračenja u rudnicima i dominantnoj ulozi pojedinih izotopa koji učestvuju u ozračenju.

Ocenu izloženosti zračenju u jami svode na srednje izmerene koncentracije radonovih potomaka izraženih u WLM- što treba da prestavlja podatak o internoj izloženosti - dok vrednost izmerenih eksternih gama doza u jami prestavlja podatak o izloženosti spoljnom zračenju .

Granice doza ,koju sačinjava zbir i internog i eksternog zračenja ,posmatraju sa strane stohastičkog efekta. Pozivaju se na maksimalnu dozvoljenu godišnju ekspoziciju od 4 WLM a u pogledu gama zračenja na maksimalno dozvoljenu dozu za pluća od 150 mSv/god odn. 12 rem/god.

Na osnovu ovoga postavljaju odnos:

$$(H_1 / H_{wb,L}) + j (I_j / I_{j,L}) = 1 \qquad .. /1/$$

gde je H_1 = god.ekv.doza

$H_{wb,L}$= granica god.ekv.doze

I_j = god.unošenje radion. j

$I_{j,L}$= granica god.unoš. radionuklida j

Naravno ,ukoliko je gama doza od eksternog zračenja u rudniku ili na nekom radnom mestu zanemaljivo mala ,ne mora se vo-

čini komponenta WLM koja potiče od koncentracije radonovih potomaka nego li komponenta gama zračenja .Preizilazi ,da je ova komponenta ili nedovoljno zastupljena u relaciji /2/ ili je zaista manje značajna u doprinosu dozi.

U delu Tabele I , u kojem su prikazane absorbovane doze na plućima i bronhijama radnika uočljivo je da su one veoma visoke za istražne uranske rudnike , da je veoma visoka za rudnik metalične rude olova i cinka Zletovo -gde postoje povećane radioaktivne pojave a uz to godinama neefikasne ventilacije - dok po relaciji /2/ to se ne vidi dovoljno .

Za rudnike drugih metaličnih ruda i koncentracije potomaka radona su znatno niže, takodje i gama doze , značajan je veoma mali udeo gama doza a i obračunate absorbovane doze su niže ,ma da one daju ipak bolji uvid u stepen moguće kontaminacije u ovim rudnicima.

Zaključak

Na osnovu napred izloženog ,preporuka ICRP-26, relacija /2/ u pogledu izražavanja granice doza od eksterne i interne izloženosti ,mogla bi da postoji kao orijentaciona ,njen je značaj za jednu brzu ocenu ,podesna je kao jeden "screening" test za rudnike.

Za potrebe istraživanja i potrebne evaluacije , u cilju iznalaženja relacija izmedju absorbovanih doza , izloženosti i kasnih efekata zračenja ,koji se naročito manifestuju na respiratornom sistemu radnika ,potrebno je zadržati i unapredjivati metodologiju obračunavanje i procena absorbovanih doza od inhalacije radona i potomaka , i na plućima i na bronhijama u zavisnosti od postojeća prašine u rudnicima ,njenih fizико-hemijskih osobina, kao i stepena depozicije i retencije.

Summary:

DISCUSSION OF RECOMMENDATIONS OF THE ICRP-26 APPLIED TO MINES WITH RADIOACTIVE CONTAMINATION

This paper discusses relations between recommendation of the ICRP,Publication No.26, applied to mines with radioaktive contamination , based the methodology settlement of absorbed dose in the lungs and bronchi due to inhalation to radon and its decay products.

Literature:

1.-Recommendation of the Int.Comm.on Radiol.Protec.-ICRP- Publication 26 , Pergamon Press, Oxford (1977)
2.-Hajduković D.: Doktorska disertacija ,R.G.F.Univ.Beograd(1976)
3.-Hajduković D.: Zbornik radova,IX.Jug.Simp.ZZ,Jajce , 31.05-3.06.1977, str. 89-94 ; 1 (5) str. 415-420 (1977)
4.-TGID(ICRP), Health Physiks, Vol 12:173-207 (1966)
6.-Izveštaji IMRiRZ,Beograd(1960-77) ; (7) Panov D.:Dok.Dis MF Bgd 1971

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Aranđelovac, 29.05.—01.06.1979.

S.S.Milojević - Prirodno-matematički fakultet,Kragujevac -Institut za fiziku

R.G.Radovanović - Medicinski fakultet,Beograd - Institut za biofiziku

MODEL KANCEROGENIH OBOLJENJA I RADIJACIONI RIZIK

U ovom radu određen je matematički model radijacionog rizika u odnosu na kancerogena oboljenja.Kao specifičan slučaj modela razmatran je rizik za gastrointestinalni trakt koji potiče od kontaminacije sliva akumulacionih jezera beta emiterima,posebno Sr-90.

U V O D

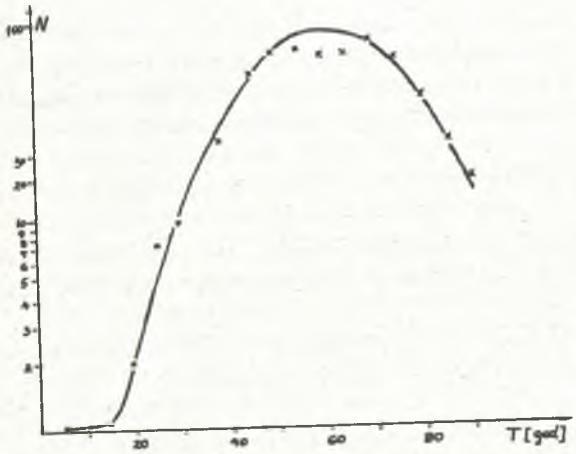
Mnogobrojne su supstance koje imaju kancerogeno dejstvo, a među njima svakako značajno mesto zauzimaju beta aktivni radionuklidi prisutni u vodi koju čovek unosi u organizam.

Merenja ukupne beta aktivnosti i Sr-90 u vodi za piće koja potiče iz akumulacije Grošnica kod Kragujevca kao i priku - pljeni epidemiološki podaci o broju prijavljenih kancera u toku desetogodišnjeg perioda (1969 -1978) omogućavaju da se dođe do bitnih parametara koji sobom određuju radijacioni rizik.

Podaci o ukupnom broju prijavljenih slučajeva kancera u Kragujevcu uzeti su iz kartoteke onkološkog odeljenja medicinskog centra "Dr Mihailo Ilić" u Kragujevcu počev od 1969 pa do kraja 1978.godine.Svi slučajevi su svrstani u starostne grupe od po pet godina i pregledno dati u tabeli br.1 kao i na grafiku - br.1.

TAB. 1 Ukupan broj prijavljenih slučajeva kancera

Doba života (T) god.	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25
Broj prijavljenih (N)	1	1	1	2	8
Doba života (T) god.	25-30	30-35	35-40	40 - 45	45 - 50
Broj prijavljenih (N)	10	23	25	55	70
Doba života (T) god.	50-55	55-60	60-65	65 - 70	70 - 75
Broj prijavljenih (N)	68	58	56	81	63
Doba života (T) god.	75-80	80-85	85-90		
Broj prijavljenih (N)	25	18			



Graf. 1 Ukupan broj prijavljenih kancera po starostnim grupama

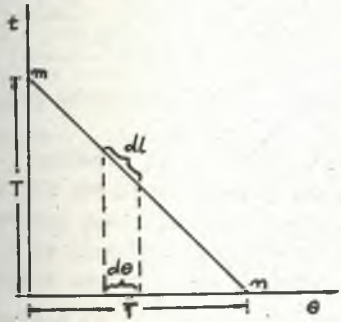
REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Polazeći od razmatranja da jedinka koja je obolela od kancera u T godina života i da oboljenje nije moglo nastati trenutno već da sigurno postoji neki latentni period njegovog nastanka θ dolazimo do relacije

$$T = t + \theta \qquad (1)$$

gde je t uzrast koji odgovara početku latentnog perioda. Prema relaciji (1) dužina latetnog perioda utiče na uzrast u kome se javlja oboljenje. Prema podacima iz tab.1 zaključujemo da uzrast u kome se pojavljuje oboljenje varira u intervalu (20 ± 5) god. Jednoj vrednosti T kod različitih obolelih stanovnika mogu odgovarati različite dužine latetnog perioda θ . Suprotno tome veličine t i θ potpuno jednoznačno odredjuju kako uzrast na početku latetnog perioda, tako i konkretnu varijantu dužine latetnog perioda.

Relacija (1) u sistemu to predstavlja pravu liniju, odnosno familiju bravih čiji je koeficijent pravca -1 (graf.2).



Graf. 2.

Povećanjem uzrasta T dužina odsečka mn se povećava. Ako je ukupan broj varijanti dužine latentnog perioda za sve uzraste raspored-jene u nekoj oblasti realnih vrednosti pozitivnog kvadranta to sa nekom gustinom $f(t, \theta)$ tada je broj ljudi N(T), koji će oboleti u uzrastu T, krivolinijski integral prvog reda funkcije $f(t, \theta)$ po odsečku mn tj.

$$N(T) = \int_{mn} f(t,\theta)\,dl \qquad (2)$$

pa kako je $dl = \sqrt{2}\,d\theta \Rightarrow N(T) = \sqrt{2}\int_{0}^{T} f(t,\theta)\,d\theta \qquad (3)$

Na osnovu istraživanja (15) pokazano je da je funkcija $f(t, \theta)$ data zakonom normalne raspodele. Stoga integral izraza (3) daje:

$$N(T) = \alpha e^{\beta T - \gamma T^2} \qquad (4)$$

Koeficijente α, β i γ odredili smo metodom najmanjih kvadrata koristeći se podacima iz tab.1. Njihove vrednosti su sledeće: $\alpha = 1{,}64$; $\beta = 5{,}61 \cdot 10^{-2}$ i $\gamma = 6{,}82 \cdot 10^{-8}$, te njihovim uvodjenjem jednačina (4) dobija izgled

$$N(T) = 1{,}64 \exp\left(5{,}61 \cdot 10^{-2} T - 6{,}62 \cdot 10^{-8} T^2\right) \qquad (5)$$

Koristeći podatke iz tab.1 izračunavamo broj slučaja kancera na milion stanovnika po starosnim strukturama od po 5 godina. Dobijene vrednosti su date u tab.2.

TAB.2 Broj slučajeva kancera na milion stanovnika godišnje

T (god)	0 - 5	5 - 10	10 - 15	15 - 20
$N/10^6$st.god.	17,6	18,3	17,7	25,6
T (god)	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
$N/10^6$st.god.	89,7	165,7	294,0	304,0
T (god)	40 - 45	45 - 50	50 - 55	55 - 60
$N/10^6$st.god.	748,0	1267,0	2969,0	2184,0
T (god)	60 - 65	65 - 70	70 - 75	75 - 80 i više
$N/10^6$st.god.	1973,0	4186,0	4790,0	3312,0

Srednja vrednost broja kancera po svim starosnim grupama iznosi $1398/10^6$stan.god.

Merenja specifične kontaminacije Sr-90 iz padavina (I_p), specifične kontaminacije površinskog sloja zemljišta (Z) i srednje godišnje koncentracije Sr-90 u vodi akumulacionog jezera (C_{jm}) kao i korišćeni podaci (12) o visini padavina (h) dati su u tab.3, omogućili su nam da grafičkom analizom tih podataka dodjemo

TAB. 3 Specifična kontaminacija, visina padavina i koncentracija Sr-90 u vodi

Godina	I_p(MBq/km^2.g.	Z(MBq/km^2)	h(mm/god)	C_{jm}(mBq/l)	C_{ji}(mBq/l)
1965	129,5	118,4	550	48,10	50,17
1966	96,2	170,2	820	45,88	51,60
1967	37,0	140,6	722	27,75	25,08
1968	48,1	133,2	846	33,67	28,67
1969	33,3	129,5	919	27,75	24,16
1970	81,4	111,0	960	22,57	36,84
1971	70,3	107,3	573	22,94	29,10
1972	66,6	177,6	380	27,75	34,63
1973	44,4	199,8	419	31,82	31,42
1974	48,1	151,7	485	24,42	26,90
1975	37,0	107,3	527	12,95	17,73
Srednje	62,9	140,6	654	29,6	32,4

do relacije za srednju godišnju koncentraciju Sr-90 u vodi jezera koja povezuje navedene veličine (I_p, Z, h) koja ima sledeći izgled

$$\bar{C}_j = 0{,}3\left(1 - e^{-0{,}027 I_p}\right) I_p + 0{,}847 \cdot 10^{-3} Z^{1{,}35} \sqrt{h} \qquad (6)$$

Brojne vrednosti srednje godišnje koncentracije Sr-90 se dobro slažu sa izmerenim (tab.3), odnosno razlika izmedju njih nije statistički značajna.

Na osnovu merenja koncentracije Sr-90 u pijaćoj vodi (za isti vremenski period) u Kragujevcu našli smo da njena srednja vrednost $C_{p.v.}$=24,1 mBq/l, a iz tab.3 sledi da je srednja vrednost koncentracije Sr-90 u jezerskoj (sirovoj) vodi 29,6mBq/l te njihov količnik daje faktor zaustavljanja za Sr-90.

$$F_z = \frac{C_{s.v.}}{C_{p.v.}} \qquad (7)$$

koji u ovom slučaju iznosi 1,23. Za izračunavanje koncentracije Sr-90 u pijaćoj vodi treba računati sa recipročnom vrednošću faktora F_z odnosno $1/F_z$ te izraz (6) za pijaću vodu poprima oblik

$$\bar{C}_{p.v.} = 0{,}24\left(1 - e^{-0{,}027 I_p}\right) I_p + 0{,}689 \cdot 10^{-3} Z^{1{,}35} \sqrt{h} \qquad (8)$$

Znajući funkcionalnu zavisnost koncentracije Sr-90 u pijaćoj vodi od odgovarajućih parametara (I_p, Z, h) i koristeći se relacijom za ekvivalent doze u kojoj figuriše koncentracija možemo odrediti radijacioni rizik kako za pojedine organe gastrointestinalnog trakta tako i za gastrointestinalni trakt u celini.

Relacija za ekvivalent doze ima sledeći izgled.

$$H_L = \frac{d_o}{2} \bar{E} f_L K_p \left[0{,}24\left(1 - e^{-0{,}027 I_p}\right) I_p + 0{,}689 \cdot 10^{-3} Z^{1{,}35} \sqrt{h}\, e^{-\lambda\tau} \frac{1 - e^{\lambda\theta}}{\lambda}\right. \qquad (9)$$

gde je: d_o=7 10^{-9}; $\bar{E}$ efektivna energija u posmatranom organu; f_L - frakcija aktivnosti radionuklida koja dostiže nivo L u GIT-u,

K_p - odnos unetog sadržaja Q_o i razlike sadržaja Q_L pristiglog do nivoa L i mase digestivnih sekreta I_L.

Kako je rizik dat relacijom

$$R = r \cdot H \tag{10}$$

te poznavajući faktore rizika (r) možemo ga odrediti.

Pošto je faktor rizika za celo telo:

$$r = \sum_i \sum_j r_{ij} \tag{11}$$

gde je r_{ij} - verovatnoća po jedinici ekvivalenta doze da se pojavi i - ti evekt usled ozračivanja j-tog organa, to je prema literaturnim podacima (1-7) $r = 1{,}55\ 10^{-2} Sv^{-1}$, a samo za GIT $r_j = 5 \cdot 10^{-3} Sv^{-1}$ pa je rizik za celo telo za odredjenu starosnu grupu

$$R = 1{,}55 \cdot 10^{-2} H \cdot N(T) \tag{12}$$

a za GIT odredjene starosne grupe prema jednačini (5) i (9)

$$R = 5 \cdot 10^{-3} \frac{d}{2} \bar{E} f_L K_p \left[0{,}24\left(1 - e^{-0{,}027 I_p}\right) I_p + 0{,}689 \cdot 10^{-3} Z^{1{,}35} \sqrt{h}\right] \times$$

$$\times e^{-\lambda\tau} \frac{1 - e^{-\lambda\theta}}{\lambda} \left[1{,}64\, e^{5{,}61 \cdot 10^{-2} T - 6{,}62 \cdot 10^{-8} T^2}\right] \tag{13}$$

što predstavlja matematički model radijacionog rizika od kancerogenih oboljenja ako se u organizam unosi voda iz akumulacionih jezera kontaminirana Sr-90 koji je na površinu sliva dospeo sa specifičnom kontaminacijom (I_p) pri specifičnoj kontaminaciji zemljišta (Z) i visini padavina (h).

Ovakav matematički model radijacionog rizika za bilo koju starosnu grupu stanovništva nismo uočili u raspoloživoj literaturi.

ABSTRACT

In this paper a mathematical model of the radiational risk in relation te the sancerogeneous malignancies is determinated. As a specific case of model, the risk fer the gastrointestinal tract due to the contamination of basins of accumulated lakes with beta emiters, specially with Sr-90, is treated.

LITERATURA

1. BEIR 72 ,The Effects an Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation,Natural Akademy of Sciences-National Researcs Council (Washington ,D.C. 1972.)
2. Problems Involed in Detecting Increased Malignanci Rates in Areas of High Natural Radiation Background,Health Physics, Vol 31,Nu 2,August 1976 pp 148-151
3. Doll R.,Muir C. and Waterhouse J. (Eds),1970 Cancer Incidence in Five Continents,Vol II. International Union against Cancer (Berlin i Springer)
4. WHO, 1971, World Health Statistics Annual 1968, Vol,1 Vital Statistics Cancer of Death (Geneva :WHO)
5. Seltser R. and Sartwell P.E. 1965,Am.J Epidemiology 81,2.
6. Lewis E.B.,1963, Science 142, 1492
7. Mc Gregor D.H. Tokuoka S. and Land C.E. 1975, Lancet (submitted)
8. D. Beninson -Basic concepts in the assessment of human exposures and risks -Current problems and concerns of the health physicist- Belgrade 1977
9. K.Z. Morgan -The linear VS the threshold hipotnesis - Current problems an concerns of the health physicist -Belgrade 1977
10. Ž. Stepanović - Hidrološke karakteristike Kragujevačke kotline -Kragujevac 1974
11. S.S. Milojević - Studija prenosa fisionih produkata u pijaće vode -magistarski rad -Zagreb 1973.

12.2. Milutinović -Glavni projekat za uređenje sliva Grošničke reke -Kragujevac 1962.

13. A.C. Guyton - Medicinska fiziologija -Beograd-Zagreb 1978

14. V. Klener -Risk to man from radiation : a review of data on somatic effects-Current problems and concerns of the health physicist vol 1 pp 58

15. V.N. Sagajdak R.V. Tamarin -matematičeskaja modelj zabolevaemosti zlokačestvenimi opuholjami na osnove povozrastnogo raspredelenija latentnogo perioda.
-Metodi savremenoj biometriji -izdtvo- Mos Univerziteta 1978

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29., 30., 31. V i 1. VI 1979.

Horvat Djurdja i Račić Jadranka

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

KROMOSOMSKE ABERACIJE U OSOBA PROFESIONALNO IZLOŽENIH IRIDIJU-192

U četrdesetosam-satnoj kulturi limfocita, analizirane su strukturalne aberacije kromosoma osoba, profesionalno izloženih ^{192}Ir. Pregledano je 3000 metafaza za 15 ispitanika. Nadjeno je od 6 do 12% aberacija po pojedincu, a uglavnom su zastupljene simetrične i asimetrične izmjene i lomovi.

U odgovarajućoj kontrolnoj skupini nadjene su aberacije od 1 do 4% i to isključivo tipa "gap" ili lom.

Uvod

Gama radiografija je često korištena tehnika, a spada u test metode bez razaranja. Predstavlja najvažniju industrijsku primjenu radioizotopa. Uz ^{60}Co i ^{192}Ir, koji su najčešće korišteni, moguća je primjena i niza drugih radioizotopa za specijalne namjene.

Premda su uredjaji koji se koriste u gama radiografiji, vrlo dobro izvedeni i zaštićeni od gubitka radioizotopne jezgre, korozije, mogućnosti mehaničkih oštećenja itd., osoblje koje rukuje njima, često je izloženo tokom rada, ionizantnom zračenju. Uz to nerijetko se dešava i akcidentno ozračenje, kao posljedica manipulativnih pogrešaka.

Biološke posljedice takvih ozračivanja variraju od hematoloških promjena (1), učinka na gonade (2), promjena na koži (3), do citogenetskih oštećenja (4).

Grupi ispitanika - gama defektoskopičara, koji rukuju defektoskopima sa ^{192}Ir, izvršena je analiza na strukturalne aberacije kromosoma. Svi ispitanici prethodno su u okviru obaveznih, periodičkih zdravstvenih kontrola podvrgnuti liječničkom pregledu i propisanim hematološkim pretragama. U pojedinaca su pored subjektivnih

teškoća, uočene i hematološke promjene kao leukopenia i trombocitopenia.

Metoda rada

U 48-satnoj kulturi limfocita analizirane su strukturalne aberacije kromosoma u 15 ispitanika gama-defektoskopičara i isto toliko kontrolnih osoba, s približno istom starosti i navikama pušenja.

Prema preporučenim kriterijima WHO, analizirano je 200 mitoza po ispitaniku (5). Rezultati su prikazani na tablicama 1 i 2.

Rezultati i diskusija

U kontrolnoj skupini nadjene su strukturalne aberacije kromosoma isključivo tipa lom ili gap. Na ukupno 3000 analiziranih stanica te grupe ispitanika, prisutno je 2,9% aberantnih mitoza. Taj podatak je u skladu s ranijim nalazima ispitivanih skupina koje nisu bile izložene ionizantnom zračenju ni kemijskim mutagenima (6,7).

Citogenetski nalazi grupe gama-defektoskopičara značajno se razlikuju od podataka za kontrolnu skupinu. Na 3000 analiziranih mitoza 10,4% je aberantnih. Za razliku od kontrolne skupine, ovdje su prisutna mnogo složenija oštećenja, kao što su bicentrični i prstenasti kromosomi, acentrični fragmenti i minute.

Radni staž pojedinaca na tim radnim mjestima, dulji je od deset godina. Kroz cijeli radni period povremeno je film dozimetrijski registrirana izloženost ionizantnom zračenju, a dobiveni citogenetski podaci predstavljaju biološki indikator te izloženosti. Prisutne strukturalne promjene kromosoma mogu biti orijentacija u prognoziranju ranih ili kasnih bioloških posljedica u tih osoba. To se naročito odnosi na slučajeve u kojih se nalaze "klonovi" mutiranih stanica.

Općenito govoreći, radnici u industrijskoj radiografiji potencijalno su izloženi višim dozama zračenja, pa je analiza na strukturalne aberacije kromosoma u smislu biodozimetrije, neophodna u odredjenim vremenskim intervalima.

Tablica 1. Učestalost kromozomskih aberacija u kontrolnoj skupini

Ispitanik	Dob	Pušač cigareta/ dan	Aberantno %	Tipovi aberacija					
				Lom	Gap	Ring	Bicentrik	Acentrični fragmenti	Minute
1	27		2,0	1	3				
2	50		2,5	2	3				
3	26		3,0	1	5				
4	40		2,5	2	3				
5	31		3,5	3	4				
6	45	10	3,0	2	4				
7	55		3,5	3	4				
8	34		4,0	3	5				
9	30		3,5	2	5				
10	31		2,5	1	4				
11	21		3,0	2	4				
12	22	30	3,5	2	5				
13	52	20	2,5	2	3				
14	29		2,0	1	3				
15	48	20	2,5	2	3				

Tablica 2. Učestalost kromozomskih aberacija u ispitanika profesionalno izloženih ^{192}Ir

Ispitanik	Dob	Pušač cigareta/ dan	Aberantno %	Tipovi aberacija					
				Lom	Gap	Ring	Bicentrik	Acentrični fragmenti	Minute
1	27	30	12	6	12	1	2	2	1
2	27		9,5	4	7		3	3	2
3	35		12						
4	35		7,5	3	6		2	2	2
5	26	50	12	8	5		4	4	3
6	56		11	5	6	2	4	3	2
7	30		7	4	8			1	1
8	25	15	11	6	11		3	2	
9	28		9	5	9			2	2
10	31	50	12	10	6		4	2	2
11	31		10	1	13			4	2
12	27		13	5	9		2	6	4
13	27		11	6	13		1	1	1
14	27		7,5	4	9			1	1
15	56		12	6	8	2	3	3	1

Literature

1. Hirashima, K. et al., Hematological studies of six cases of accidental exposure to an iridium radiographic source, J. Radiat. Res. 14,3 (1973) 287.

2. Wakabayashi, K. et al., Serum levels of lutinizing hormone (LH) and folliclestimulating hormone (FSH) in subjects accidentally exposed to ^{192}Ir gamma rays, J. Radiat. Res. 14,3 (1973) 297.

3. Sugiyama, H. et al., Clinical studies on radiation injuries resulting from accidental exposure to an iridium-192 radiographic source, J. Radiat. Res. 14,3 (1973) 275.

4. Ishimara, T. et al., Chromosome abnormalities in persons accidentally exposed to ^{192}Ir gamma rays, J. Radiat. Res., 14,3 (1973) 298.

5. Buckton, K. E. and Evans, H. J., Methods for the analysis of human chromosome aberrations WHO - Geneva 1973.

6. Horvat, Dj., Račić, J., Učestalost spontanih kromosomskih aberacija u zdravoj populaciji. Neobjavljen rad.

7. Pertti Aula and Harriet von Koskull, Distribution of spontaneous chromosome breaks in human chromosomes. Hum. Genet., 32 (1976) 143.

CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN PERSONS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IRIDIUM-192

Djurdja Horvat and Jadranka Račić

Structural chromosomal aberrations in persons occupationally exposed to iridium-192 were analyzed in a forty-eight hour lymphocyte culture. Altogether 3000 metaphases from 15 subjects were examined. The percentage of aberrations, mainly symmetrical and asymmetrical exchanges and breaks, ranged from 6 to 12 per subject.

In a corresponding control group aberrations, exclusively of the gap or break type, were from 1 to 4 per cent.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI. 1979.

B. Pendić, Vitana Kostić, I. Dostanić i B. Leković
Klinička bolnica grada Beograda

CITOGENETSKE PROMENE U PACIJENATA SA PSORIASIS VULGARIS LEČENIH PSORALENOM I DUGOTALASNIM ULTRAVIOLETNIM ZRAČENJEM

U deset pacijenata obolelih od psoriasis vulgaris, lečenih fotohemoterapijom, ispitivan je kariotip pre i posle lečenja. Kao fotosenzibilizator korišćen je 8-metoxypsoralen, a kao izvori ultravioletnog zračenja korišćeni su posebno konstruisani uredjaji koji emituju kontinuirani spektar UV zraka izmedju 320 - 390 nm. Lečenje traje četiri nedelje, za koje vreme pacijent primi 16 seansi zračenja. Citogenetske analize su vršene modifikovanom mikro metodom iz kulture limfocita periferne krvi. Strukturne hromosomske aberacije pre lečenja iznosile su 1,8%, a posle završenog lečnja % aberacija iznosio je 7,2%. Pretežno se radi o hromatidnim lezijama i prekidima, a samo u tri pacijenta su nadjene složenije morfološke promene, kao rezultat intrahromosomskih izmena: prstenasti hromosomi.

Fotohemoterapija, kombinovano lečenje peroralnom primenom 8-metoxypsoralena (8-MOP) i ozračivanjem celog tela dugotalasnim ultravioletnim zračenjem (UVA), se pokazala kao efikasan način lečenja psoriasis vulgaris i postaje metodom izbora u lečenju ove dosta rasprostranjene i neprijatne kožne bolesti (1, 2, 3). Prve rezultate o ovom novom načinu lečenja psoriaze u našoj zemlji saopštili su Vukas (4) i Leković i saradnici (5).

Od ranije je poznato da psoralen posle zračenja sa UVA 365 nm fotoreaguje sa DNK formirajući monofunkcione produkte sa pirimidinskim bazama i unakrsne veze izmedju lanaca DNK (6). Ovaj efekat, koji dovodi do inhibicije multiplikacije ćelija, je i iskorišćen u lečenju psoriaze. 8-MOP uzrokuje i hromosomske aberacije u sisarskim ćelijama (7).

Materijal i metode

Deset pacijenata, 5 žena i 5 muškaraca, čije su se godine starsti kretale od 27 do 75 godina, lečeni su tokom protekle godine na Institutu za kožne bolesti Kliničke bočlnice grada Beograda fotohemoterapijom zbog psoriasis vulgaris. Anamnestički je utvrdjeno da odabrabi pacijenti nisu bili izlagani jonizujućim zračenjima u poslednjih 5 godina, niti su primali citostatike u svrhu lečenja.

Kao fotosenzibilizator korišćen je 8-metoxypsoralen. Lek je davan peroralno prema opšte prihvaćenoj šemi (3), što u proseku iznosi 0,5 mg na kilogram telesne težine.

Kao izvor ultravioletnih zraka dugotalasnog područja korišćeni su uredjaji: PUVA 4.000 sa ležećim položajem bolesnika pri zračenju, PUVA 6.000 sa stojećim položajem bolesnika pri zračenju, PUVA 180 i PUVA 200 u višestrukim kombinacijama za zračenje pojedinih delova tela. Svi ovi uredjeji snabdeveni su specijalnim fluorescentnim lampama SYLVANIA USA koje emituju kontinuirani spektar ultravioletnih zraka izmedju 320 i 390 nm sa maksimumom kod 365 nm.

Doziranje je vršeno ispitivanjem individualne osetljivosti na fototoksičnu reakciju i na osnovu minimalne fototoksične doze odredjivana je doza UVA zračenja (3). Doze zračenja su se kretale od 1,2 J/cm^2 do 3,6 J/cm^2.

Sa zračenjem se započinjalo dva sata posle primene psoralena. Zračenje se obavljalo četiri puta nedeljno u toku četiri uzastopne nedelje. Ukupno je primenjeno 16 seansi zračenja kod svakog pacijenta.

Citogenetska ispitivanja vršena su modifikovanom mikro metodom prema Edwardsu (8) i Frølandu (9) iz kulture limfocita periferne krvi. Trajanje kulture iznosilo je 72 časa. Analize kariotipa vršene su pre lečenja i jedan do dva dana po završenom lečenju.

Analizirano je po 50 ćelija po svakom ispitivanom uzorku krvi. Zabeležene su samo strukturne aberacije hromosoma.

Rezultati i diskusija

Na tabeli br. 1. prikazani su rezultati citogenetskih ispitivanja pre i posle završenog lečenja.

Broj hromosomskih aberacija pre lečenja iznosi 1,8 ± 1,6% što je u saglasnosti sa brojem aberacija u kontrolnoj populaciji. Detektovane su samo minorne aberacije: hromatidne lezije i prekidi.

Procenat hromosomskih aberacija posle lečenja je povećan i iznosi 7,2 ± 3,2%. Zapaženi porast se pretežno odnosi na povećanje broja hromatidnih lezija i prekida. U tri pacijenta detektovane su morfološke strukture nastale kao rezultat intrahromosomskih izmena: prstenasti hromosomi. Radi se o takozvanom nestabilnom tipu hromosomskih aberacija.

U literaturi postoje kontroverzni izveštaji o hromosomskim aberacijama u pacijenata lečenih sa 8-MOP i UVA. Jedni ne nalaze porast aberacija posle lečenja (10, 11), dok drugi navode

značajan porast hromosomskih aberacija (7).

Postoje značajne individualne varijacije u broju hromosomskih aberacija u ispitivanih pacijenta. Ovo bi moglo da se objasni jednim delom individualnim razlikama u distribuciji limfocita i razlikama u odnosu ozračenih i neozračenih limfocita koji se kultivišu. Primljena doza zavisi i od količine melanina u koži koji absorbuje odredjenu količinu ultravioletnog zračenja, kao i od absorpcionih sposobnosti porfirinskih grupa hemoglobina.

Broj indukovanih aberacija zavisi i od efikasnosti reper mehanizma, koji je u stanju da eliminiše jedan deo indukovanih oštećenja. Jedan deo oštećenja eliminiše se i smrću ćelije.

Tabela broj 1.

HROMOSOMSKE ABERACIJE PRE I POSLE LECENJA SA 8-MOP I UVA

Pacijent	Pol	Godine	Hromosomskih aberacija pre lečenja	% hromosomskih aberacija posle lečenja									
				Lezija		Prekid		ring	dicentrik	trans-lokacija	inverzija	primedba	% ukupnih aberacija
				hromatidna	hromosomska	hromatidni	hromosomski						
T.M.	m	56	4	4		4		2					10
S.N.	ž	24	6	6		2		2					10
K.I.	m	75	4	4		8							12
B.B.	ž	30	0	2		6							8
K.M.	m	30	0			2							2
Ć.M.	m	27	2	2		2							4
P.M.	ž	30	0			4							4
V.V.	m	38	4	4		4	2						10
T.Lj.	ž	41	2	4		2							6
M.M.	ž	27	2			4		2					6
U k u p n o			1,8 ± 1,6										7,2 ± 3,2

Igoli i saradnici (12) su utvrdili da psoralen i ultravioletno zračenje u različitim biološkim sistemima dovodi do produkcije letalnih i mutaciionih oštećenja. Grube (13) saopštava o

tumorogenim efektima. Jedan broj autora navodi porast broja hromosomskih aberacija u pacijenata lečenih sa 8-MOP i UVA, što smo i mi u našem radu konstatovali. Sve ovo govori da bi ove pacijente trebalo kontrolisati kroz duži niz godina radi praćenja pojave malignih neoplazmi.

U zaključku možemo da kažemo da smo zabeležili porast hromosomskih aberacija posle lečenja sa 8-MOP i dugotalasnim ultravioletnim zračenjem u pacijenata sa psoriasis vulgaris.

Summary

A group of 10 patients with psoriasis vulgaris who were treated with 8-MOP and UVA, chromosome aberrations in the lymphocytes of peripheral blood were analysed before and after treatement.

The percentage of structural chromosome aberrations before treatement was 1,8%, which correspond to the percentage found in the control population, while the percentage of aberrations after the teatement was 7,2%. Newly detected aberrations mainly referred to hromatid lesions and breakages.

Literatura

1. Parrish J. A., Fitzpatrick T. B., Tannenbaum L. and Pathak M.A., New. Eng. J. Med., 291, 1207, 1974
2. Weber G., Brit J. Derm., 90, 317, 1974
3. Dostanić I., Leković B., Ugrinović D., Pejović T. i Knajtner I., Med. pregled, 31, 293, 1978
4. Vukas A., Lječ. vjesnik, 98, 160, 1976
5. Leković B. i Dostanić I., Acta derm. Iug., 4, 179, 1977
6. Ben-Hur E. and Elkind M.M., Biochim. Biophys. Acta, 331, 181, 1973
7. Ashwood-Smith M.J. and Grant E., Brit. Med. J., 1, 342, 1976
8. Edwards J.H. and Young R.B., Lancet, 2, 48, 1961
9. Frøland A., Lancet, 2, 1281, 1962
10. Faed m. and Mourelafos D., in Mutagen induced Chromosome Damage in Man, ed. by Evans H.J. and Lloyd D.C., Univ. Press, Edinburgh, pp 216-220
11. Brøgger A., Waksvik H. and Thune P., in Mutagen induced Chromosome Damage in Man, ed. by Evans H.J. and Lloyd D.C., Univ. Press, Edinburgh, 1978., pp 221-226
12. Igoli S., Bridge B.A., Ashwood-Smith M.J. and Scot B.R., Mutation res., 9, 21, 1970
13. Grube D.D., Proc. Am. Assoc., Cancer Res., 16, 117, 1975

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V i 1.VI 1979.

D. Veljković i M. Trajković

Laboratorija za medicinsku zaštitu Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

POJAVA DVOJEDARNIH LIMFOCITA KOD KONTINUIRANOG IZLAGANJA MALIM DOZAMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

U radu su prikazani rezultati analize dvojedarnih limfocita u osoba profesionalno eksponiranih izvorima jonizujućih zračenja. U grupi eksponiranih osoba zapažen je porast broja dvojedarnih limfocita pri izlaganju dozvoljenim dozama za uslove profesionalne ekspozicije. Ovaj porast je statistički značajan u odnosu na vrednosti u kontrolnoj grupi.

Zapažene su značajne individualne razlike u broju nadjenih dvojedarnih limfocita kod eksponiranih osoba kao i značajna kolebanja kod jedne iste osobe u funkciji vremena.

Za ocenu zdravstvene sposobnosti za rad sa izvorima jonizujućih zračenja predvidja se, izmedju ostalog, ispitivanje binuklearnih limfocita (BNLy) u perifernoj krvi. Prema Pravilniku o stručnoj spremi, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja (1) vrše se ispitivanja BNLy jedanput u dve godine, a njihov broj može da iznosi najviše 3/1o.ooo Ly.

Na pojavu BNLy pod dejstvom jonizujućih zračenja ukazala je Ingram M. još 1949.godine (2). Njeni radovi, kao i kasniji radovi drugih autora, pokazali su nesumnjiv porast ovih ćelija nakon manjih akcidentalnih ozračivanja (3,4,5). Izučavanje pojave BNLy vrši se u našoj Laboratoriji već duži niz go-

Autori zahvaljuju Mariji Tošić, Vidosavi Stepanov i Ankici Vugi na tehničkoj saradnji.

dina. Ona su se u početku odnosila na jednokratna manja ozračivanja, namerna i akcidentalna (6), a kasnije su usmerena na pojavu BNLy pri dugotrajnim ekspozicijama malim dozama, koje se sreću kod profesionalne ekspozicije.

Prikazani rezultati dobijeni su analizom BNLy kod odoba čije su godišnje doze ekspozicije bile manje od MDD ili su ih neznatno premašivale.

Materijal i metode

Ispitivane su klinički zdrave osobe, muškog pola, godina života od 28 do 46. Ukupne doze ekspozicije do momenta pregleda bile su od 4 do 23 rema, a radni staž sa izvorima jonizujućih zračenja od 4 do 12 godina. Sve osobe u toku rada bile su izložene spoljnjem gama zračenju.* Uporedo su vršena ispitivanja 14 osoba koje su u pogledu godina starosti odgovarale ispitivanoj grupi, a da prethodno nisu bile izlagane zračenjima kako iz profesionalnih razloga, tako ni iz medicinskih indikacija.

Analiza BNLy vršena je na običnim i obogaćenim razmazima periferne krvi bojenim uobičajenom metodom po Pappenheimu. Za BNLy su uzimani samo oni limfociti kod kojih su umesto jednog nadjena dva jedra,potpuno odvojena ili povezana veoma tankom hromatinskom vezom. Broj BNLy je odredjivan na 1o.ooo Ly.

Rezultati i diskusija

Na tabeli 1. date su pojedinačne vrednosti broja BNLy za grupu eksponiranih osoba. Srednja vrednost iznosi M=2,29±1,48 a pojedinačne vrednosti su bile u opsegu od o,81 do 5,56.

---

* Korišćeni su dozimetrijski podaci Laboratorije za zaštitu od zračenja, Odseka za dozimetriju.

Tabela 1.

Vrednosti BNLy u grupi eksponiranih osoba

Redni broj	Godine ekspoz.	Ukupna doza (rem)	Broj BNLy na 1o.ooo Ly
1.	6	4,63	o,95
2.	6	6,38	5,25
3.	5	7,47	o,95
4.	4	8,o2	o,95
5.	6	8,14	2,5o
6.	6	8,26	1,39
7.	6,5	8,39	3,18
8.	6	8,95	1,31
9.	7	9,o5	o,92
1o.	5,5	1o,o6	2,17
11.	4	1o,6	1,28
12.	5	1o,44	1,32
13.	5,5	1o,86	2,o7
14.	7	11,o5	2,75
15.	5,5	12,25	o,89
16.	6,5	13,13	2,24
17.	1o,5	13,74	5,56
18.	6	13,75	1,38
19.	6	13,88	3,25
2o.	12	14,42	o,81
21.	7	14,99	5,24
22.	11,5	2o,98	4,51
23.	7	21,85	2,9o
24.	7	23,4o	1,o9
		M = 2,29 ± 1,48	

Na tabeli 2. date su pojedinačne vrednosti broja BNLy za kontrolnu grupu. Srednja vrednost iznosi M=1,o2±o,47 a pojedinačne vrednosti bile su u opsegu od 0 do 1,88.

Tabela 2.
Vrednosti BNLy u kontrolnoj grupi

Redni broj	Broj BNLy na 1o.ooo Ly
1.	1,33
2.	0,44
3.	1,41
4.	0,94
5.	0,97
6.	1,88
7.	0,75
8.	0,82
9.	0,98
10.	0,93
11.	1,85
12.	0,00
13.	0,95
14.	0,97
M = 1,o2 ± o,47	

Rezultati pokazuju značajan porast BNLy za celu eksponiranu grupu u odnosu na kontrolu (o.ol) i odgovaraju nalazima dobijenim u prethodnim ispitivanjima, kao i podacima grugih autora (5,7,8).

Analiza pojedinačnih vrednosti BNLy prikazanih u tabeli 1. pokazuje velike individualne razlike izmedju osoba koje imaju približno isti radni staž i ekspozicionu dozu. Medjutim, uporedjivanje visine ukupne ekspozicione doze i broja osoba kod kojih je nadjen porast BNLy pokazuje da je porast

BNLy češći u grupi sa većim ukupnim ekspozicionim dozama.

Osim individualnih razlika, uočena su znatna kolebanja broja BNLy u istih osoba u funkciji vremena. Na tabeli 3. prikazano je kretanje broja BNLy kod nekoliko osoba u periodu od 8 do 10 godina.

Tabela 3.

Redni broj:		1	2	3	4
Ukupna doza u rem.		32,85	14,27	31,14	1,83
vreme dozim.kontrole		(15)	(10)	(10)*	(10)**
Broj BNLy/10.000 Ly	1969.god.	-	0	-	0
	1970.god.	-	3	-	1
	1971.god.	0	4	2	4
	1972.god.	1,8	1,1	3,1	6
	1973.god.	0	-	-	-
	1974.god.	3	-	-	-
	1975.god.	-	-	2	3
	1977.god.	0	1,3	3	1,5
	1978.god.	1	0	1	2

* godine ekspozicije 4

** godine ekspozicije 19.

Kod prve dve osobe dozimetrijski podaci se odnose na celokupni radni staž sa izvorima jonizujućih zračenja. Podatke za druge dve osobe imali smo samo za poslednjih 10 godina, tj. od kada se nalaze pod dozimetrijskom kontrolom Laboratorije za zaštitu od zračenja našeg Instituta.

Zapaža se variranje broja BNLy kod jedne iste osobe. Ovaj broj se kretao od 0 do 3 i od 0 do 6. Kolebanje nije bilo moguće objasniti registrovanim dozama. Naime, nije uočena korelacija izmedju visine ukupne ekspozicione doze do trenutka posmatranja i nadjenog broja BNLy.

Zaključak

Na osnovu izloženih rezultata može se zaključiti sledeće: Broj BNLy povećava se već pri izlaganju dozvoljenim dozama za uslove profesionalne ekspozicije. Uočene su značajne individualne razlike u broju BNLy, a kod iste osobe nadjena su znatna kolebanja njihovog broja u funkciji vremena. U praktičnoj primeni vrednost ima iskujučivo nalaz povećanog broja BNLy.

Summary

The results of analyses of the binucleated lymphocytes at persons occupationally exposed to the ionizing radiation have been shown. The increased number of binucleated lymphocytes has been observed at persons exposed to the permissible conditions of the occupational exposure. This increasing is statistically significant for the values of the controlled group.

Some individual differences in the number of binucleated lymphocytes of persons occupationally exposed to ionizing radiation have also been observed, as well as at the same persons in the function of time.

Literatura

1. Službeni list SFRJ,27/77
2. INGRAM M., BARNES W., Phys.Rev. 75, 1765 (1949)
3. LE GO R., in Proc.Int. Summer School on Radiation Protection, Vol.I, printed by "Boris Kidrič" Institute of Nuclear Sciences Beograd, 1971, pp. 277-298.
4. PENDIĆ B., TOMIN V., in Proc. First Int.Congress of Radiation Protection, Vol.I, Pergamon Press, 1968,p.517.
5. TARANGER M., MAYAUD G., et DAWYDOFF-ALIBERT S., Rev.Franc. Etude Clim. et Biol., 2, 95 (1964).
6. PENDIĆ B. et al., Radiologica Yugoslavica, 1, 49 (1965).
7. ALEKSIĆ B., VELJKOVIĆ D., in Proc. Int. Symp. on Advances in Physical and Biological Radiation Detectors, printed by the IAEA in Austria, 1971, pp. 687-695.
8. TRAJKOVIĆ M. i sar., IX Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 1977, str.2o7-214.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29, 30, 31. 05. i 01. 06. 1979.

BESARABIĆ Milica,
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča,
Laboratorija za medicinsku zaštitu

ANALIZA OPŠTEG MORBIDITETA RADNIKA REAKTORA RA U VINČI

Ovim radom je obuhvaćena osamnaestogodišnja prevalencija opšteg morbiditeta radnika reaktora RA u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, kao jednog od pokazatelja efikasnosti provedenih mera zaštite od jonizujućeg zračenja.

Oboljevanje žena bilo je skoro identično u odnosu na kontrolnu grupu, a morbiditet muškaraca se značajno razlikovao samo u četiri grupe bolesti po "C listi medjunarodne klasifikacije bolesti".

Izmedju tolerantnog i štetnog dejstva jonizujućeg zračenja, smatra se da postoji prag za pojavu ne-stohastičkih efekata zračenja na organizam, a predstavljen je do sada maksimalno dozvoljenom dozom (MDD). Istorijski posmatrano, kriterijumi za MDD su se pooštravali napredovanjem saznanja u radiobiologiji i radijacionoj medicini. Današnja vrednost za profesionalno eksponovane jonizujućem zračenju je 5(N-18) Rema, odnosno po preporuci ICRP-a granična ekvivalentna doza (DEL) iznosi 50 mSv za ozračivanje celog tela.

Cilj ovog rada je da analizom opšteg morbiditeta proveri efikasnost primenjenih mera zaštite od jonizujućeg zračenja u posmatranoj populaciji.

MATERIJAL I METODE

Metodom retrospektivne epidemiološke studije obradjeni su podaci iz medicinske dokumentacije, dokumentacije o dozama ozračivanja evidentiranih na film i termoluminiscentnim dozimetrima i obradom ankete.

Kontrolnu grupu predstavljaju radnici tehničkog pogona i odeljenja radionica Instituta "Boris Kidrič" u Vinči, koji nisu bili eksponovani jonizujućem zračenju.

Anketa je obuhvatila sledeća obeležja: pol, godište, zanimanje i dužinu radnog staža.

Vreme posmatranja je od 1. januara 1960. godine do 31. decembra 1978. godine.

Broj ispitivanih radnika reaktora RA (u daljem tekstu eksponovana grupa) je 51, a radnica 6. U kontrolnoj grupi je 34 muškarca i 5 žena.

Zahvaljujući brižljivo vodjenim i sačuvanim podacima o obolјevanju radnika u zdravstvenim kartonima Laboratorije za medicinsku zaštitu*, bilo je moguće obraditi dijagnostikovanu prevalenciju morbiditeta sa velikom pouzdanošću.

Tabeliranje bolesti obavljeno je upotrebom "C-liste medjunarodne klasifikacije bolesti, povreda i uzroka smrti (osma revizija)", gde je celokupni morbiditet svrstan u 70 grupa bolesti: C_1 Tifus, paratifus i druge infekcije sa salmonelama; C_2 Bacilarna dizenterija i amebijaza; C_3 Enteritis i druga dijareična oboljenja; C_4 Tuberkuloza respiratornog sistema; C_5 Drugi oblici tuberkuloze uključujući kasne posledice; C_6 Bruceloza; C_7 Difterija; C_8 Veliki kašalj; C_9 Streptokokna upala grla; C_{10} Velike boginje; C_{11} Male boginje; C_{12} Virusni encefalitis; C_{13} Infektivni hepatitis; C_{14} Pegavac i druge rikecioze; C_{15} Malarija; C_{16} Sifilis i njegove posledice; C_{17} Gonokokne infekcije; C_{18} Helmintijaze; C_{19} Ostale infektivne i parazitarne bolesti; C_{20} Maligne neoplazme, uključujući maligne neoplazme limfatičnog i hematopoetičnog tkiva; C_{21} Benigne neoplazme i neoplazme neoznačene prirode; C_{22} Tireotoksikoza sa ili bez guše; C_{23} Diabetes melitus; C_{24} Avitaminoze i druga deficitarna stanja ishrane; C_{25} Druge endokrine i metabolične bolesti; C_{26} Anelija; C_{27} Psihoze i nepsihotični duševni poremećaji; C_{28} Inflamatorna oboljenja oka; C_{29} Katarakta; C_{30} Ototis media i mastoiditis; C_{31} Druge bolesti nervnog sistema i čula; C_{32} Akutna reumatska groznica; C_{33} Hronično reumatsko oboljenje srca; C_{34} Hipertenzivno oboljenje; C_{35} Ishemično oboljenje srca; C_{36} Cerebrovaskularno oboljenje; C_{37} Tromboza i embolija vena; C_{38} Druga oboljenja cirkulatornog sistema; C_{39} Akutne respiratorne infekcije; C_{40} Influenca; C_{41} Pneumonija; C_{42} Bronhitis, emfizem i astma; C_{43} Hipertrofija tonzila i adenoida; C_{44} Pneumokonioze i srodne bolesti; C_{45} Druge bolesti respiratornog sistema; C_{46} Bolesti zuba i njihovog ležišta; C_{47} Peptični ulkus; C_{48} Apendicitis; C_{49} Intestinalna opstrukcija i hernija; C_{50} Holelitijaze i holecistitis; C_{51}, Druga oboljenja digestivnog sistema, C_{52} Nefritis i nefroze; C_{53} Hipertrofija prostate; C_{55} druge bolesti genitourinar-

---

*) Ekipa lekara Laboratorije za medicinsku zaštitu koja je dijagnostikovala analiziran morbiditet: B. Aleksić, D. Veljković, M. Trajković, D. Stojanović, Z. Djukić, M. Jovanović, B. Pendić, V.Tomin.

nog sistema; C_{56} Pobačaji; C_{57} Druge komplikacije trudnoće; C_{58} Pobačaj bez napomene o komplikaciji; C_{59} Infekcije kože i potkožnog tkiva; C_{60} Druga oboljenja kože i podkožnog tkiva; C_{61} Artritis i spondilitis; C_{62} Druga oboljenja mišićnokoštanog sistema i vezivnog tkiva; C_{63} Kongenitalne anomalije; C_{64} Neki uzroci perinatalnog morbiditeta; C_{65} Druga odredjena i nedovoljno definisana stanja i od C_{66} do C_{70} povrede.

Pri proceni opšteg ozračivanja korišćeni su samo podaci dobijeni sa film i termoluminiscentnih dozimetara*.

U statističkoj obradi upotrebljen je Studentov-T test značajnosti razlika aritmetičkih sredina i proporcija.

REZULTATI I DISKUSIJA

Pre analize morbiditeta ukratko će biti izneta ostala posmatrana obeležja.

Srednja vrednost godišta eksponovane grupe muškaraca je 45,7 ± 4,1 godina, a kontrolne 47,9 ± 5,1 godina, a žena 44,6 ± 7,8 i 48,8 ± 3,3 godine, što statistički gledano nije značajna razlika na nivou $p > 0,05$.

Kvalifikaciona struktura obe posmatrane grupe je slična i dužina radnog staža, i to u eksponovanoj grupi 21,8 ± 3,1 godina i kontrolnoj 22,9 ± 3,3 godine ($p > 0,01$).

Na osnovu analize dozimetarskih podataka važno je istaći da ni jedan eksponovani radnik nije, u posmatranom periodu, primio dozu iznad maksimalno dozvoljene. Gledajući u celini, ekspoziciona doza je kod 45 radnika bila ispod 1000 mR godišnje, kod 4 radnika od 1000 do 2000 mR, a samo je kod jednog bila 2223 mR godišnje. Medjutim, kako je 18 godina veoma dug period vremena, kako je reaktor RA jedini takve vrste kod nas, kako je saznanje o radu i tehnologija rada napredovala tokom godina, logično je pretpostaviti da posmatrana kumulativna ekspoziciona doza nije vremenski primljena ravnomerno. Postojale su ekscesne situacije /1/ i dnevne i nedeljne i mesečne, ali su se upornim zalaganjem mnoge radne operacije izmenile, tako da je poslednjih godina drastično smanjeno ozračivanje osoblja i svedeno na vrednosti daleko ispod MDD.

Bolesti dijagnostikovane u posmatranom periodu svrstane su po "C listi" radi bolje preglednosti i mogućnosti uporedjenja. Iz

---

*) Podaci obradjeni u Odseku za dozimetriju pod rukovodstvom I. Mirić i M. Prokić.

tehničkih razloga u ovom radu će, tabela br. 1, biti prikazane one grupe oboljenja koje su tematski i po učestalosti javljanja značajne.

Tabela br. 1
PRIKAZ PREVALENCIJE OSAMNAESTOGODIŠNJEG MORBIDITETA PO "C-LISTI"

C	eksponovana grupa				kontrolna grupa				
	muškarci		žene		muškarci		žene		
šifra	**	***	**	***	**	***	**	***	
3	67	1,3	3	0,5	43	1,2	5	1	p > 0,05
20	1	0,01	-	-	2	0,05	-	-	p > 0,05
21	5	0,09	6	1	4	0,11	4	0,8	p > 0,05
24	25	0,49	5	0,33	23	0,67	1	0,2	p > 0,05
26	13	0,25	4	0,66	1	0,02	3	0,06	p < 0,0001
27	146	2,86	17	2,8	106	3,11	16	3,2	p > 0,05
29	2	0,03	-	-	-	-	-	-	p > 0,05
31	53	1,03	3	0,5	32	0,34	1	0,2	p > 0,05
34	45	0,88	1	0,1	124	3,64	10	2	p < 0,005
38	23	0,45	3	0,5	15	0,44	4	0,8	p > 0,05
39	237	4,64	47	7,8	135	3,97	25	5	p > 0,05
40	170	3,3	12	2	125	3,67	13	2,6	p > 0,05
43	72	1,41	25	4,1	39	1,2	5	1	p > 0,05
45	81	1,5	7	1,1	52	1,5	8	1,6	p > 0,05
51	93	1,8	16	2,6	76	2,23	8	1,6	p > 0,05
54	13	0,25	-	-	1	0,02	-	-	p < 0,0001
55	34	0,66	19	3,16	16	0,47	10	2	p > 0,05
59	42	0,82	8	1,33	35	1,02	4	0,8	p > 0,05
60	43	0,84	4	0,66	19	0,55	2	0,4	p > 0,05
61	99	1,94	13	2,16	65	1,9	10	2	p > 0,05
62	21	0,4	5	0,8	27	0,8	5	1	p > 0,05
65	66	1,3	13	2,1	36	1,05	9	1,8	p > 0,05
70	24	0,47	1	0,1	78	2,29	1	0,2	p < 0,005

** - apsolutni broj prevalencije morbiditeta
*** - proporcija prevalencije morbiditeta

Morbiditet je kod žena veoma sličan u obe grupe, a kako nema ni jedne bolesti statistički značajno različite i kako su primljene doze ozračivanja kod eksponovanih zanemarljive (50 mR godišnje), to će u daljem tekstu biti govora samo o oboljevanju muškaraca.

U muškoj populaciji se četiri grupe bolesti statistički značajno razlikuju. Anemije (C_{26}) i Hipertrofije prostate (C_{54}) su

više zastupljene u eksponovanoj grupi, a arterijalne hipertenzije (C_{34}) i povrede (C_{70}) u kontrolnoj grupi.

Epidemiološki pristup posmatranja je u ovom radu kvalitativan. Dijagnoze svih bolesti su evidentirane kao takve, bez upuštanja u proveru njihove valjanosti, zato što je ista ekipa lekara u isto vreme lečila i eksponovanu i kontrolnu grupu.

Mnogu faktori utiču na pojavu anemije. Na osnovu postojećih podataka posmatrane anemije su svrstane u dve grupe. Prvu čine najverovatnije sekundarne anemije, jer su pored dijagnoze anemije kod tih radnika dijagnostikovane i druge bolesti, koje su mogle dovesti do nastanka anemije (Ulcus b. duodeli et ventriculi, Microhaematuriae, Gastritis hypoacida, avitaminoze, astenični sindromi i dr.). U drugu grupu su svrstane anemije bez propratnih bolesti koje mogu da izazovu promene u krvnoj slici, tabela br. 2. Iz tabele se vidi da je u I grupi anemija kod eksponovanih bilo 5 slučajeva, a u II 8. U kontrolnoj grupi nema anemija iz I grupe, a samo je jedan slučaj iz II, što je statistički značajno na nivou $p < 0,05$.

Tabela br. 2
PRIKAZ POSMATRANIH ANEMIJA

	dužina ekspozicije (god.)	do 5	6-10	11-15	>16
eksponovana grupa	I grupa sekundarne anemije	-	1	3	1
	II grupa anemije bez propratnih bolesti	-	3	4	1
	dužina radnog staža (god.)	**do 5**	**6-10**	**11-15**	**>16**
kontrolna grupa	I grupa sekundarne anemije	-	-	-	-
	II grupa anemije bez propratnih bolesti	1	-	-	-

Tendencija rasta broja anemija tokom godina, je prekinuta unazad 5 godina. Da li je ovakav nalaz u vezi sa smanjenom dozom spoljašnjeg ozračivanja? Zašto su dijagnostikovane anemije tako visoko signifikantne, a da nema poremećaja u beloj lozi krvnih ćelija? Da li se bela loza brže oporavljala? Da li je simptomatologija poremećaja u crvenoj lozi jače izražena? Da li se ove anemije uopšte mogu dovesti u kauzalnu vezu sa ekspozicijom zračenju?

Odgovori na ova pitanja biće predmet sledećeg rada. U hemoteci Laboratorije za medicinsku zaštitu pohranjeni su uzorci krvi i ostali podaci na osnovu kojih se može ispitati valjanost dijagnostike pomenutih anemija i bliže odredi mogućnost uticaja ekspozicije jonizujućeg zračenja na krvne ćelije u posmatranim uslovima. U literaturi /2/ se mogu naći slični rezultati, ali je ispitivanje

vršeno na rudarima uranskih rudnika.

U grupi hipertrofije prostate (C_{54}) najzastupljeniji su bili Prostatitisi. U dostupnoj literaturi nema sličnih podataka. Pošto je eksponovana grupa i nešto mladja od kontrolne, nema objašnjenja ovoj pojavi, ali se, svakako, ne može dovesti u vezu sa ekspozicijom jonizujućem zračenju.

Možda je daleko oštriji kriterijum odredjivanja zdravstvene sposobnosti za rad na reaktoru, uslovio razliku u krvnom pritisku (C_{34}) tako da je prevalencija u kontrolnoj grupi veća. Ovaj nalaz zahteva dublju kvantitativnu analizu pre konačnog zaključivanja.

Zbog opštih mera sigurnosti i vrste poslova neznatna su povredjivanja radnika u svim reaktorskim postrojenjima u svetu, pa i kod nas /3/.

Iako ostale bolesti, prikazane na tabeli 1, nisu statistički značajno različite u posmatranoj populaciji, zaslužuju pažnju kao odraz efikasnosti provedenih mera zaštite od dejstva jonizujućeg zračenja i zaštite uopšte.

Kancerogeno dejstvo je najčešće diskutovano i danas se zna da je pojava malignih oboljenja jedan od stohastičkih efekata /4/. Dužina ekspozicije ili radnog staža kod tri registrovana slučaja iz grupe maligne neoplazme (C_{20}) nije osamnaest godina, već mnogo kraća. Za sve vreme rada reaktora RA dijagnostikovan je jedan slučaj malignog oboljenja (Seminom), posle devetogodišnje ekspozicije (ukupna primljena doza je 4930 mR, tj. 547 mR godišnje). U odeljenjima iz kojih je odredjena kontrolna grupa bila su dva slučaja malignih neoplazmi (Mixom srca i Ca želuca).

U okviru grupe benigne neoplazme (C_{21}) dijagnostikovani su uglavnom polipi raznih delova kože i sluzokože, ali bez značaja u odnosu na posmatranu ekspoziciju.

Uzimajući u obzir rasprostranjeni strah od rada u uslovima ekspozicije jonizujućem zračenju, stalnu napetost u reaktorskim postrojenjima, monotoniju u radu, potpritisak i rad u smenama, očekivana je značajna razlika u grupi bolesti psihoze i nepsihotični duševni poremećaji (C_{27}). Medjutim, relativno posmatrano, prevalencija ovih oboljenja je čak i veća u kontrolnoj grupi i to 3,11 prema 2,86 slučaja u eksponovanoj. Da li je i ovde bio presudan prethodni pregled, ili su tome doprinele mere zaštite na reaktoru? Verovatno i jedno i drugo.

U grupi druge bolesti nervnog sistema i čula (C_{31}) su di-

jagnostikovane: Herpes Zooster, Neuralgiae n. antebrachii, n. intercostales, n. ishiadici, n. peronei, Lesio n. cochlearia i Pterigium. Relativno više zastupljene u eksponovanoj grupi, ali ne značajno.

Dva slučaja Katarakte u eksponovanoj grupi su dijagnostikovane kao presenilne. Interesantno je ipak reći da je kontrolna grupa relativno starija, a da kod njih nije otkriven ni jedan slučaj.

Zbog uslova rada i indirektnog uticaja jonizujućeg zračenja na smanjenje odbrambene sposobnosti eksponovanih, očekivan je veći broj oboljenja respiratornog i digestivnog trakta kod eksponovane grupe, ali u posmatranoj populaciji to nije bio slučaj. I u jednoj i u drugoj grupi su ove bolesti najčešće dijagnostikovane i zbog njih je izgubljeno i najviše radnih dana, ali značajno više u kontrolnoj grupi.

U grupama C_{59} i C_{60} (infekcije kože i oboljenja kože i potkožnog tkiva) nisu dobijeni očekivani rezultati. I ovde je obolјevanje bilo slično u obe ispitivane grupe.

Bolesti cirkulatornog i mišićno-koštanog sistema su očekivano skoro identično zastupljene.

Druga odredjena i nedovoljno definisana stanja - C_{65} su ovde obuhvatila sledeće dijagnoze: Cephalea, Vertigo, Leucopenia, Asthenia corporis i Reactio post vactinalis. Leucopenije su tematski najinteresantnije i dijagnostikovane su samo dva puta u eksponovanoj grupi, a nijednom u kontrolnoj. Astheniae corporis, takodje, zaslužuju pažnju, ali su dijagnostikovane relativno više u kontrolnoj grupi (23 slučaja, tj. 0,67) nego u eksponovanoj (25 slučaja, tj. 0,49).

Predmet ovog rada nije apsentizam, ali radi jasnijeg rasvetljavanja efikasnosti provedenih mera zaštite, mora se reći da je prosečan broj izgubljenih radnih dana, u posmatranom periodu, u eksponovanoj grupi bio 117,6 ± 34 dana, a u kontrolnoj 225,6 ± 94 dana, što je značajno različito ($p < 0,01$).

ZAKLJUČAK

1. U posmatranom osamnaestogodišnjem periodu opšti morbiditet kod žena je veoma sličan, a primljene doze ozračivanja zanemarljive.

2. U istom periodu ispitivanja populacija muškaraca primila je prosečnu godišnju dozu ozračivanja daleko ispod maksimalno

dozvoljene, a samo su dve grupe bolesti Anemije i Hipertrofije prostate više zastupljene u eksponovanoj grupi.

3. Apsentizam zbog bolesti je skoro duplo veći u kontrolnoj nego u eksponovanoj grupi.

Na osnovu svega, može se reći da uz doslednu primenu zaštitnih mera rizik od rada u uslovima ekspozicije jonizujučem zračenju nije ništa veći nego na bilo kom drugom radnom mestu, i da su ovakve analize korisne i neophodne da bi se skinuo veo tajanstvenosti o opasnostima i štetnom delovanju jonizujućeg zračenja na profesionalno eksponovanu populaciju /5/.

ABSTRACT

GENERAL MORBIDITY ANALYSIS OF THE REACTOR RA WORKERS IN VINČA

This paper has covered a prevalence survey concerning the morbidity of the reactor RA workers for the period of eighteen years. The workers employed in the technical department, as well as those employed in "Boris Kidrič" Institute workshop have been studied as a control group and none of them has ever been exposed in his work to the ionized radiation.

During the surveyed period of time the total exposure doses have been negligible with women and the morbidity almost identical in the both groups. With men the exposure doses have been far below the maximum permissible ones, and the morbidity in both groups different only in four groups of diseases according to the international diseases and unjury classification "C list". With the reactor workers cases of C_{26} - anaemia and C_{54} - prostate gland hypertrophy have been more statistically represented and with the control group cases of C_{34} artery hypertension and C_{70} injuries as well as total absenteeism have been proved.

Such medical findings lead to the conclusion that the carried protection measures have been satisfactory.

Literatura:

/1/ NINKOVIĆ M., MINČIĆ Z.: III jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, B. Luka, 364. 1967.
/2/ VICH Z., KRIKLAVA J.: Brit. J. industr. Med. 27, 83. 1970.
/3/ NORWOOD W.D.: Health Protection of Radiation Workers, 364. 1975. Charles C Thomas, Springfield, Illinois, USA
/4/ ANNALS of the ICRP, 1, 2, 1977. str. 21.
/5/ DUNCAN K.P., HOWELL R.W.: Health Physics 19, 285. 1970.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA.

Arandjelovac, 29,30,31.V. i 1.VI.1979.

Dr. I. Voskresensky i Dr. B. Smiljanić
Zavod za kliničku onkologiju i radioterapiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu

PRIKAZ RADIOOŠTEĆENJA SRCA IZA ZRAČENJA TUMORA DOJKE PRIJE 28 GODINA

Sažetak
Iznašamo slučaj bolesnice iza iradijacije sarcoma lijeve dojke iz 1951 godine, koja imade za posljedicu oštećenje srca, lijevu stranu toraxa i pluća te novi carcinom lijevog plućnog režnja nakon 28 godina. Štetne posljedice nakon izliječenja tumora dojke.

Bolesnica je zračena zbog sarcoma iza amputacije lijeve dojke 1951 god. Rtg. aparaturom od 180 KV sa kožnom dozom od 3000 r po polju sa 4 kosa polja. Na lijevu stranu plućnog krila primila je TD izmedju 2000-4000 r, a na srce 3300 r u njegovom središnjem dijelu. Sve liječničke kontrole osnovne bolesti do 1978 god. bile su uredne, kada se ustanovi carcinom lijevog gornjeg režnja pluća.

Diskusija

Po mnogim autorima dokazano je, da se štetne posljedice javljaju na vitalnim organima, koji su bili prethodno odzračeni sa TD izmedju 2000-5000 R. Mi smo to takodjer potvrdili (1). Samo rijetki autori opisuju oštećenja srca, te radi toga iznosimo ovaj slučaj kao rjedje vidjenu posljedicu zračenja (2, 3).

U našem slučaju radilo se o 39-godišnjoj bolesnici, koja je obolila od sarcoma lijeve dojke, te tada učinjene laboratorijske pretrage, snimka srca i pluća bile su uredne. Sada imamo slijedeće:

SIGURNA OŠTEĆENJA OD ZRAČENJA I POSLJEDICE

1. Vidljiva atrofija kože sa teleangiektazijama
2. Atrofija rebara lijeve strane
3. Smanjen vitalni kapacitet pluća
4. Posljedice pneumonitisa-fibroza
5. Atelektaza pluća i povlačenje srca medijalno
6. Adhezivni pleuritis

NAJVJEROJATNIJA OŠTEĆENJA I POSLJEDICE

1. Pericarditis adhesiva
2. Mikrovoltaže srca
3. Tahikardija i hipertonija
4. Carcinom lijevog pluća

Znajući iz literature (4), da se maligni tumori javljaju znatno češće kod osoba sa oslabljenim imunobiološkim reakcijama organizma, a to su bolesnici kod kojih je bila izvršena operacija ili zračenje (5, 6). Takodjer je dokazano da se zbog imunosupresije javljaju maligna oboljenja češće kod osoba kod kojih je izvršena transplantacija bubrega. Naša bolesnica spada takodjer u grupu imunosupresivnih bolesnika (7). Smatramo po mnogim ovim indikacijama da je carcinom lijevog gornjeg režnja pluća, najvjerojatnija posljedica iradijacije iz 1951 godine (8).

Ovaj prikaz iznosimo kao rijedak, ali sve češća moguća posljedica uspješne iradijacije, koja ostavlja svoj biljeg štetnog djelovanja na zdrave organe uz češću mogućnost javljanja novih tumora.

S U M M A R Y

The report given in this article deals with the patient whose left breast was irradiated because of sarcoma. Together with the evident damages in the irradiated localisation, the new carcinoma of the left bronchus, as a probable consequence, has appeared.

L I T E R A T U R A

1. Voskresensky, I. i Kubović, M.: Radiooštećenja nekih vitalnih organa iza radioterapije, VIII Simp. Jug. društva za zaštitu od zračenja, Herceg Novi, 1975.
2. Stewart, J.R. and Fajardo, L.F.: Radiationinduced heart disease. Front. Radiation Ther. Oncol. 6:274-288, 1972.
3. Moss, W.T.: Radiation Oncology, Chapter 9:248-256. The C.V. Mosby Company, Saint Louis, 1973.
4. Penn, I.: Second malignant neoplasms associated with immunosuppressive medications. Cancer 37:1042, 1976.
5. Gatti, R. and Good, R.A.: Occurence of malignancy in immunndeficiency diseases. A literature review. Cancer 28:89, 1971.
6. Park, S.K., Brody, J.I., Wallace, H.A. and Blakemore, W.S.: Immunosuppressive effect of surgery. Lancet 1:52, 1971.
7. Man, T.: Postoperative immunosuppression in patients with breast cancer. Lancet 1:742, 1972.
8. Kaštelan, M., Hršak, M., Pavičić, S. i Hršak, I.: Reaktivnost limfocita bolesnica s rakom dojke na fitohemaglutinin (PHA), Lij. vjes. 99:719-722, 1977.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA.

Arandjelovac, 29,30,31.V. i 1.VI.1979.

Dr. S. Simović, Dr. I. Voskresensky, Dr. Lj. Grgić-Markulin i Dr. Zd. Krajina

Klinika za otorinolaringologiju i Zavod za kliničku onkologiju i radioterapiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu

OŠTEĆENJA ŽLIJEZDA SLINOVNICA KOD ZRAČENJA MALIGNIH TUMORA USNE ŠUPLJINE I NJIHOVA ZAŠTITA

Sažetak

Zračenjem malignih tumora u usnoj šupljini stradavaju nepotrebno i okolne strukture, kao i žlijezde slinovnice. Njihova funkcija je neobično važna za pravilno odvijanje pojedinih životnih procesa, te njihov nedostatak izaziva teške životne poremećaje. U našem materijalu od 2 grupe bolesnika, nastojali smo ustvrditi da manjak sline štetno utječe na zdravlje zračenih bolesnika, te da količina sekrecije ne bi smjela biti ispod 50%. Prilagodili smo našu terapiju, tako da najviše što je moguće zaštićujemo od nepotrebnog zračenja pojedine grupe žlijezda slinovnica, da nepovoljne posljedice ireverzibilnih promjena na taj način izbjegnemo.

Uvod

Maligni tumori usne šupljine predstavljaju značajnu grupu u području glave i vrata, a ujedno su nezahvalna lokalizacija tumora što se tiče loše prognoze za izliječenje. Usprkos lagano pristupačnom vizuelnom pregledu i palpaciji u oko 40% slučajeva bolesnici se javljaju u uznapredovalom stadiju (1). Radi toga nije moguće najčešće samo operativno liječiti ove tumore, nego je

potrebno primijeniti i iradijacionu terapiju. Na taj način je 5-god. preživljenje grubo uzevši sve lokalizacije malignih tumora u usnoj šupljini cca 35% (1). Za vrijeme zračenja, ovisno o lokalizaciji tumora i apliciranoj dozi, nepotrebno se zrače zdrave strukture područja glave, a tu su lokalizirane i žlijezde slinovnice. Radi toga njihova funkcija može biti smanjena za 20-90%, ovisno o veličini i broju polja zračenja kao i apliciranoj dozi, što predstavlja teškoće u daljem životu tih bolesnika.

Uloga žlijezda slinovnica

Slina se stvara u više većih i mnogo manjih mukoznih žlijezda koje dnevno izluče i do 1,5 litara sline. Zbog svog kemijskog sastava ona je važna kod žvakanja i gutanja hrane, mehanički čisti i štiti zubalo od cariesa, služi kod fermentacije u acido-bazofilnoj ravnoteži organizma i drugo. Slinovnice su gradjene uglavnom od 2 vrste žlijezdanih stanica, osjetljive su na zračenje, djelomično nakon zračenja regeneriraju, te se izostala funkcija ponovno uspostavlja, ukoliko nisu odzračene sa visokom dozom zračenja (2, 3).

Naši rezultati mjerenja oštećenja

Naše bolesnike podijelili smo u dvije grupe ovisno o količini primijenjene doze zračenja. U prvoj grupi doza je iznosila oko 50% TD ili 2000-3000 R. Druga grupa bolesnika primila je punu TD zračenja od 6000-8000 R na tumor u usnoj šupljini preko žlijezde slinovnice. Obje su grupe zračene u istoj ustanovi sa Co^{60} aparaturom i mjerene doze zračenja vršili smo pomoću kristala litium florida koje smo stavljali na kožu u polje zračenja ili na kožu uz polje zračenja na udaljenosti od 1-2 cm. (4).

Kod prve grupe koja je odzračena preko žlijezda slinovnica sa TD od cca 50%, došlo je nakon rane upalne reakcije i znatnog smanjenja njihove funkcije, za 4-6 mjeseci do djelomične regeneracije, a njihova funkcija sačuvana je u nešto smanjenom obliku i iznosila je oko 70% sekrecije sline (5). Katkada se ove doze zračenja primijenjuju i kod nekih benignih tumora kada je prisutna hiperfunkcija žlijezda, te se iza zračenja nepovoljno stanje smiruje. Kod bolesnika koji su zbog recidiva bolesti bili operirani, histološkim se pregledom odstranjenih žlijezda slinovnica ta predpostavka potvrdila. Nadjeno je smanjeno žlijezdano tkivo a povećano vezivno (6).

Kod druge grupe gdje su žlijezde slinovnice bile direktno u polju zračenja i dobile punu TD, regeneracija i salivacija najčešće ne prelazi 10% njihovog kapaciteta. To je takodjer potvrdjeno i kod recidiva bolesti histološkim pregledom žlijezda. Ovdje vidimo ireverzibilne promjene, dok je funkcija minimalna ili je gotovo izostala (7, 8).

Diskusija

Kod bolesnika prve grupe vidljiva je suhoća ustiju, gubitak apetita kroz vrijeme zračenja, eventualne probavne smetnje, što sve otežava provedbu plana zračenja. Trajanje tih tegoba je oko mjesec dana, bolesnik izgubi na težini i prije završetka zračenja njegova kondicija znatno opada. Kroz kraće vrijeme iza završetka terapije smetnje nestaju, dok se pomanjkanje sline kao najveća teškoća za nekoliko mjeseci nadoknadi i bolesnik gubi postepeno sve smetnje koje je imao od zračenja malignog tumora.

Kod druge grupe sve ove smetnje su znatno jače izražene, pri kraju zračenja mogu biti neizdržive, apetit gotovo potpuno opada, a žvakanje i gutanje je velika poteškoća. Oporavak je znatno sporiji, uz češće komplikacije kao caries na zubima, fistuliranje i nekroza mandibule, sekundarne infekcije i dr.(9). Slina se ne vraća u dovoljnoj količini kroz godine ili potpuno izostaje.

Radi toga smo se opredjelili za granicu koju po mogućnosti ne prelazimo, a ta je 50% oštećenje svih žlijezda slinovnica jer ispod tog postotka smetnje su i suviše velike za normalan život. Stojimo na stanovištu da zračenje treba planirati tako da kod malignih tumora usne šupljine pojedine velike žlijezde slinovnice budu izvan polja zračenja, da se pojedine grupe tih žlijezda ne odzrače i njihova funkcija sačuva. Kod carcinoma, kao najčešćih malignih tumora dna usne šupljine, jezika, mandibule i maxillae, kada tumor ne prelazi medijalnu liniju, gotovo se uvijek držimo principa kojeg smo uveli nakon analize štetnosti zračenja žlijezda slinovnica, da našu terapiju provodimo sa 2 polja koja su postavljena medjusobno pod kutem od 90°. Na taj način zdravu stranu čuvamo koliko je moguće nepotrebnog zračenja, a funkciju žlijezda slinovnica ne oštećujemo. Iznimno kod nezrelih tumora, velikih koji prelaze medijalni rub usne

šupljine, malignih tumora tonzile, zračimo sa 2 nasuprotna polja ili dodatnim trećim poljem sprijeda, te na taj način najviše oštećujemo čitavu grupu žlijezda slinovnica koje ne možemo na taj način izbjeći.

Uvodjenjem ovakove vrste zračenja mi smo adekvatno uspjeli odzračiti maligni tumor, maksimalno štititi zdrave strukture, te funkciju slinovnica oštetiti u manjem postotku ireverzibilnih promjena, a našim bolesnicima omogućiti lakši i brži oporavak bez trajnijih posljedica.

S U M M A R Y

During the irradiation of the malign tumor in cavum oris, the salivary glands were often irradiated unnecessary. In the case when their recovery should not happen, the permanent consequences remain in the life of the treated patient. Therefore we apply the therapy in the form which protects certain groups of the salivary glands, so that the total secretions do not decrease under 50%. This is the limit, where for the values above we consider the greater and permanent consequences can not be caused.

L I T E R A T U R A

1. Moss, W.T.: Therapeutic radiology, Chapter 4:66-114. The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1965.
2. Hansen, D., Meyer, E. und Werner, H.: Funktionsstörungen im Mundhöhlen-bereich als Nebenerscheinung der Strahlentherapie, Z. Laryng. Rhinol. 49:534, 1970.
3. Eneroth, C.M. i sur.: Effects of Fractionated Radiotherapy on Salivary Gland Function, Cancer, 30:1147, 1972.
4. Vrtar, M. i Voskresensky, I.: Intersticijalna radioterapija permanentnih implantanata linearnih radioaktivnih Ir^{192} izvora kod tumora mozga i doprinos doze na oko, IX Simp. Jug. društva za zaštitu od zračenja, 95-100, Jajce, 1977.
5. Cherry, C.R. and Glucksmann, A.: Injury and repair following irradiation of salivary glands in male rats, Brit. J. Radiol. 32:596-608, 1959.
6. Evans, J.C. and Ackerman, L.V.: Submaxillary irradiated and Obstructed Salivary Glands simulating cervical lymph node metastasis, Radiology 62:550-555, 1954.
7. Brenk, H.A.S.: Radiation Damage to Salivary Glands, Brit. J. Radiol. 42:799, 1969.
8. Dutta, T.K. i sur.: Radiation effects on the Salivary Glands of Rabbit - Functional and Histological changes, Indian J. of Cancer, 10:212, 1973.
9. Wildermuth, O. and Cantril, S.T.: Radiation necrosis of the mandible, Radiology 61:771-785, 1953.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Dipl.ing. Arpad Giser
Dr Slobodan Milićević

Odeljenje za medicinu rada, HHI
Zavoda za preventivnu medicinu VMA - Beograd

PREGLED NEKIH NORMATIVA ZA ZAŠTITU OD LASERSKOG ZRAČENJA U SVETU I KOD NAS

U članku se daje pregled, na osnovu dosadašnjih saznanja i prikupljene literature, normativa iz oblasti zaštite od laserskog zračenja /preporuke, norme i standardi/, koji su do danas izašli i prihvaćeni u nekim zemljama sveta i na medjunarodnom nivou. Takodje se navodi i stanje zaštite od laserskog zračenja u našoj zemlji, a na osnovu ličnog iskustva i rada na ovoj problematici.

Uvod

Neposredno posle realizacije prvog lasera, pre nepune dve decenije, uočeno je da izlaganje njegovom zračenju može izazvati štetne posledice. Ovo saznanje se upotpunjava kroz odredjene eksperimente na životinjama, a iskustva se stiču i iz povremenih akcidenata u kojima je čovek nepredvidjeno izložen dejstvu laserskog zračenja /1/.

Laseri su našli široku primenu u mnogim oblastima ljudske delatnosti i postali su uredjaji za svakodnevnu upotrebu. Na taj način je broj ljudi kod kojih postoji opasnost za neželjeno izlaganje ovom zračenju iz dana u dan sve veći. Verovatnoća rizika se povećava i stalnim razvojem novih tipova laserskih uredjaja. Ove činjenice jasno ukazuju na potrebu donošenja adekvatnih mera zaštite, pored ostalog i propisa - normativa.

U ovom članku se želi ukazati, /na osnovu dostupnih podataka/ na stanje zaštite od laserskog zračenja u pojedinim zemljama koje su najdalje otišle u rešavanju ove problematike, na medjunarodnom planu, kao i na dosadašnju aktivnost i rezultate

postignute u našoj zemlji.

Pregled aktivnosti na zaštiti od laserskog zračenja

Najdalje se u radu na zaštiti od laserskog zračenja učinilo u SAD. Prva konferencija o zaštiti od laserskog zračenja održana je 1964. godine u Vašingtonu, gde su zauzeti odredjeni stavovi po ovoj problematici. Četiri godine kasnije /1968./ održana je konferencija po istoj problematici u Sinsinatiju. Na ovoj konferenciji su donešene i konkretne dozvoljene doze ozračenja za pojedine vrste laserskog zračenja /2/. U to vreme se u SAD ovom problematikom bavi više institucija. Iz toga rada proizilazi i neusaglašenost pojedinih kriterijuma, pa se pojavljuje više propisa, koje donose razne institucije: Američki nacionalni institut za standarde /ANSI/, Američka konferencija vladinih industrijskih higijeničara /ACGIH/, Biro za zaštitu zdravlja od zračenja /BRH/ i Administracija za profesionalnu zaštitu i zdravlje /OSHA/ /3/, dok armija SAD takodje ima više propisa iz ove oblasti /ratno vazduhoplovstvo, mornarica i kopnena vojska/.

Rad na ovoj problematici je nastavljen i 1973. godine se donosi Američki nacionalni standard za zaštitu od laserskog zračenja /ANSI Z.136-1-1973/. Ovaj standard je doživeo reviziju i 1976. godine se donosi sada važeći standard /ANSI Z. 136.1-1976/ /4/. U medjuvremenu su i druge pomenute institucije nastavile rad na reviziji svojih propisa iz ove oblasti.

Ministarstvo vazduhoplovstva Velike Britanije je donelo svoje propise iz ove oblasti još 1965. godine. Na nacionalnom nivou je rad na donošenju standarda započeo krajem 60-tih godina i Britanski nacionalni institut za standarde donosi prvi standard 1972 godine /BS 4803:1972/. Ovaj standard je za sada još uvek važeći /5/.

Savezna Republika Nemačka takodje donosi svoje standarde za zaštitu od laserskog zračenja /DIN 4819/ i dr. /6/. Na ovom polju rade i druge zemlje: SSSR, Švedska, Norveška, Francuska, Japan i dr. U svim pomenutim zemljama posebno interesovanje za ovu problematiku pokazuje armija, čiji stručnjaci takodje rade na ovom polju. Održano je više konferencija i savetovanja u pojedinim zemljama na kojima je tretirana oblast zaštite od laserskog zračenja.

Svi pomenuti standardi imaju uglavnom različite kriterijume u pogledu dozvoljenih doza ozračenja za pojedine vrste laserskog zračenja. Ovo proističe iz činjenice da postoji veliki broj raznovrsnih laserskih uredjaja čiji se biološki efekti razlikuju zavisno od aktivne materije, režima rada i namene. Ovome doprinosi takodje i činjenica da još uvek nisu potpuno objašnjeni svi efekti i mehanizam dejstva laserskog zračenja na čoveka.

Medjutim, formiranje pojedinih nacionalnih standarda je doprinelo i omogućilo da se snage ujedine i da se rad usmeri na donošenju jedinstvenih kriterijuma na medjunarodnom planu.

Rad na medjunarodnom nivou

Rad na zaštiti od laserskog zračenja i donošenju normativa /propisa i standarda/ iz ove oblasti odvija se uglavnom preko dve organizacije i to: Medjunarodne elektrotehničke komisije tj. njenog Tehničkog komiteta /IEC, TC 76-laseri/ i Medjunarodnog udruženja za zaštitu od zračenja /IRPA/.

Tehnički komitet TC 76-laseri je osnovan krajem 1973. godine. Ovaj Komitet je obrazovan od predstavnika nacionalnih komiteta pojedinih zemalja zainteresovanih za ovu problematiku. Sledeće godine /marta 1974/ ovaj Komitet je doneo Nacrt standarda za zaštitu od zračenja pri radu sa laserskim uredjajima. Juna 1974.

godine u Baden-Badenu je svestrano analiziran ovaj Nacrt i date su odredjene primedbe od učesnika iz pojedinih zemalja. Ovaj Nacrt je revidiran još dva puta /1975 i 1976./, ali do danas, zbog neusaglašenih stavova i nedovoljnih podataka, nije donešen definitivan zvaničan standard /7/. Poslednji sastanak ovog Komiteta održan je u Moskvi 1977. godine. Svim navedenim sastancima su prisustvovali i predstavnici Jugoslavije. Medjutim, mnoga pitanja su i dalje ostala nerešena, tako da je donošenje definitivnog standarda odloženo.

Medjunarodno udruženje za zaštitu od zračenja /IRPA/ je imalo više sastanaka i u toku 1975. godine usvojen je izveštaj radne grupe za zaštitu od nejonizujućih zračenja. Tada je odredjena i studijska grupa za rad na pripremi dokumenata o kriterijumima, standardima i merenjima za zaštitu od nejonizujućih zračenja. Aprila 1977. godine izdat je od strane ove organizacije "Pregledi nejonizujućeg zračenja", gde je obuhvaćeno i lasersko zračenje. U ovom pregledu se obradjuju uglavnom standardi SAD /8/.

Za ovu problematiku je zainteresovana i Svetska zdravstvena organizacija, odnosno njen Regionalni ured za Evropu.

Rad na zaštiti od laserskog zračenja u našoj zemlji

Pored rada pojedinih institucija na ovoj problematici, 1974. godine osnovan je u Ljubljani u okviru Jugoslovenskog elektrotehničkog komiteta Tehnički Odbor /TO-76/ za zaštitu od laserskog zračenja. Ovaj Odbor je okupio stručnjake različitog profila zainteresovane za ovu problematiku. U saradnji ovog Odbora i Saveznog zavoda za standardizaciju formirana je 1976. godine stručna komisija za izradu i razmatranje nacrta jugoslovenskih standarda iz oblasti lasera i za utvrdjivanje konačnog teksta

jugoslovenskih standarda. Odredjena komisija je podeljena u više radnih grupa, medju kojima je i grupa za zaštitu od laserskog zračenja. Ova grupa je imala više radnih sastanaka. Rezultat ovoga rada je donošenje Jugoslovenskog standarda za obeležavanje laserskih proizvoda, zatvorenih prostorija i terena /JUS N.S9. 025,1978/. Izradjeni su i drugi nacrti standarda koji regulišu bezbedan rad sa laserskim uredjajima, a rad na njihovom ozvaničenju je još u toku. Potpuno rešenje ove problematike nije završeno i predstoji dalji rad /dozvoljene doze ozračenja, tehnička zaštita, definicije i dr./.

ZAKLJUČAK

Kao što se iz izloženog vidi, problematika iz oblasti zaštite od laserskog zračenja je kompleksna i odvija se na različitim nivoima, od nacionalnih do medjunarodnih. To znači da na ovom poslu treba uložiti sve napore i u našoj zemlji, zbog sve veće primene laserskih uredjaja. Za ovo je potreban timski rad tehničkih i medicinskih stručnjaka. Smatramo da u našoj zemlji postoje realni uslovi za uspešan rad na ovom zadatku. Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja treba da dà svoj doprinos u rešavanju ove problematike.

SUMMARY

REVIEW OF SOME CODES FOR PROTECTION FROM LASER RADIATION IN WORLD AND IN YUGOSLAVIA

In this article author gives review of activity and some codes for protection from laser radiation on international and national basis. Author especially point out the work in this area in Yugoslavia, where first standard for safety use of laser equipment also exist.

LITERATURA

1. Renz K. i Mahlein H., ASA, 1, 10, 1971.
2. Charschan S.: Laser in industry, 579, 1973, Van Nostrand Reinhold Company, New York.

3. Mortensen R., Electro Optical Sistems Design, 5, 66, 1978.
4. ANSI Z 136.1-1976, American National Standard for the Safe Use of Lasers.
5. BS 4803: 1972, Guide on protection of personel against hazards from Laser radiation.
6. VBG 93:1973, Unfallver_hütungsvorschriften.
7. IEC/TC 76, Third draft-Radiation safety of Laser products and equipment, 1976.
8. IRPA, Overviews on nonionizing radiation, 1977.
9. JUS N.S9.025, Laseri-obeležavanje laserskih proizvoda, zatvorenih prostorija i terena, 1978.

X. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Aranđelovac, 29, 30, 31 maj i 1. juni 1979.

Dr Slobodan Milićević, potpukovnik
Dipl.ing. Arpad Giser

Odeljenje za medicinu rada, HHI
Zavoda za preventivnu medicinu VMA - Beograd

NEKI NESPECIFIČNI ŠTETNI FAKTORI PRI RADU SA LASERSKIM UREDJAJIMA I MERE ZAŠTITE

Lasersko zračenje utiče nepovoljno na organizam čoveka, prvenstveno na organ vida - oko i kožu, a i na organizam u celini. Medjutim, pri radu sa laserskim uredjajima pojavljuju se i drugi - nespecifični štetni faktori, kao što su: hemijske materije, buka, rendgensko zračenje i dr. U članku se obradjuju ovi nespecifični štetni faktori pri radu sa laserskim uredjajima i daju mere zaštite od istih.

Uvod

Realizacija laserskog zračenja od pre nepune dve decenije i njegova primena skoro u svim oblastima ljudske delatnosti, nametnula je i problem njegovog nepovoljnog dejstva na organizam čoveka. Efekti dejstva laserskog zračenja na organizam čoveka ispoljavaju se prvenstveno na očima i koži, a onda i na drugim organima /1/. To bi bila posledica direktnog - "specifičnog" uticaja samog laserskog zračenja. Medjutim, pored ovog tzv.specifičnog rizika, pri radu sa laserskim uredjajima postoji rizik i od tzv. nespecifičnih-sekundarnih štetnih faktora /2/. O ovim faktorima se kod nas za sada malo zna, pa će u daljem izlaganju o tome biti reči.

Nespecifični štetni faktori

U toku rada laserskih uredjaja pojavljuje se čitav niz nespecifičnih štetnih faktora, koji nepovoljno utiču na zdravstveno stanje zaposlenih, kao što su: ultraljubičasto zračenje, buka, gasovi, Rö zračenje i dr.

Ultraljubičasto zračenje: Za rad laserskih uredjaja koriste se razne vrste lampi za pobudjivanje aktivnih materija. Svetlosna energija ovih lampi može biti različita, a njihova talasna dužina je iz ultraljubičastog dela spektra. Najčešće rad ovih lampi nepovoljno deluje na organ vida čoveka - oko i dovodi do upale sluznica - Conjunctivitis ili upale rožnjače - Ceratitis, što vremenom može da rezultira slabljenjemili gubitkom vida /3/.

Slabo osvetljena radna prostorija doprinosi bržem i češćem oštećenju oka od ovih lampi, a tome doprinose još više i zatamnjene prostorije pri holografskim eksperimentima. Oštećenja mogu da nastanu bilo od direktnog ili od reflektovanog zračenja ovih tzv. fleš-lampi.

Subjektivno se rad lampi za pobudjivanje ocenjuje kao neprijatno zaslepljivanje. Broj impulsa može biti 15-20, pa i više, što izaziva značajno zamaranje oka. Ukupna energija lampi za pobudjivanje može preći vrednost od 15o kdž. Pri radu takvih blještaćica svetlosni impuls narasta, tako brzo da okolno ljudstvo ne uspeva da preduzme bilo kakve preventivne mere zaštite /na pr. žmurenje i dr./. To dovodi do poremećaja perioda vidne adaptacije za duže vreme. Istovremeno, rad ovih lampi deluje nepovoljno i na kardiovaskularni aparat, kao i na centralni nervni sistem /4/.

Buka: Pri radu jakih lasera sa čvrstom aktivnom materijom, kao i kod gasno-dinamičnih, elektro-aero-dinamičnih i hemijskih lasera nastaje buka nivoa do 80 dB i više. Pri pražnjenju kondenzatora laserskih uredjaja nastaje takodje buka, slična pucnju. Ukoliko je u prostoriji smešteno više laserskih uredjaja, može pri istovremenom njihovom radu, da naraste buka nivoa 90 do 120 dB.

Izvori stalnog šuma srednjih i niskih frekvencija mogu

biti i oscilografi, kondenzatori, kao i sistemi za hladjenje uredjaja i ventilaciju prostorija. Pri njihovom radu nivo buke iznosi od 75 do 80 dB. Pri podešavanju mehaničkih zatvarača lasera sa modulisanim faktorom dobrote može nastati buka nivoa od 95-100 dB, sa komponentama koje su pretežno iz oblasti visokih frekvencija. Na povećanje postojećeg fona buke od uredjaja utiče i sam impuls od "opaljenja", odnosno udara laserskog zraka u metu /5/.

Gasovi: Pri radu sa laserskim uredjajima mogu, kao štetni faktori, da se jave razni gasovi, pri čemu nastaje akutno ili hronično trovanje sa istim /6/. Kao aktivne laserske materije koriste se različiti gasovi, u čiji sastav ulaze cijanidi ili slični njima toksični gasovi. To se koristi za rad tzv. gaso-dinamičnih i drugih lasera, gde se ovi gasovi nalaze pod pritiskom. Pod odredjenim uslovima dolazi do "curenja" ovih gasova, što može da ima kobne posledice za okolinu. Ovo se najčešće dogadja u eksperimentalnim uslovima, u laboratorijama.

Za hladjenje mnogih laserskih sistema, pored ostalih koristi se tečan azot. U toku rada, pod odredjenim uslovima havarije, nastaje i ovde slučaj da gas ispuni radnu prostoriju, što može da ima štetno dejstvo na zdravlje prisutnih.

Često se lasersko zračenje koristi za analizu smeše gasova, koji su ne retko i vrlo jaki otrovi. Takav je na pr. slučaj pri odredjivanju pesticida u vazduhu ili uzorcima vazduha. Pod odredjenim uslovima nepažnje ili ispuštanja posude sa ovim gasovima, kao i usled nepredvidjenog loma stakla, dolazi do njihovog izlaska u radnu sredinu, što takodje dovodi do akutnog trovanja radnika. Toksični gasovi mogu da nastanu i pri ozračenju odredjene smeše gasova, koja nije toksična u normalnim uslovima. To se

dešava usled promene strukture gasova pod dejstvom laserskog zračenja, a što se za sada ne može predvideti.

Opasnost od visokog napona: Mogućnost za električni udar je prisutna u većini laserskih sistema. Impulsni laseri koriste baterije kondenzatora za sakupljanje nergije, dok kontinualni laseri uglavnom imaju jednosmernu struju visokog napona. U svim slučajevima kontakta sa visokim naponom ugrožen je čovek.

Rendgensko zračenje: Pri radu visokonaponskog uredjaja za napajanje lasera, sa preko 15 kV, nastaje kod cevi za napajanje lasera rendgensko ili meko X zračenje. Prodorna moć ovog zračenja se povećava sa povećanjem napona, odnosno broja kV.

Mikrotalasno zračenje: Pri radu savremenih moćnih lasera, u toku perioda tzv. "pumpanja" ili bolje rečeno pri radu lampi za pobudjivanje u odredjenim slučajevima nastaje elektromagnetno polje mikrotalasnog zračenja /decimetarski, santimetarski ili milimetarski talasi/. Dejstvo radiotalasa tog dijapazona je jako neprijatno za organizam čoveka. Ukupni poremećaj organizma, koji nastaje kao posledica dejstva mikrotalasa, nosi naziv radiotalasna bolest.

Zagadjenje radne sredine: Treba imati na umu da postoji mogućnost zagadjenja vazduha u zatvorenoj prostoriji od isparenja ozračenih materijala, pri procesu obrade pomoću lasera /na primer: rezanje, bušenje ili zavarivanje/. Tu mogu da se pojave brojni gasovi, kao sekundarni produkti laserske reakcije: brom, hlor, hlorovodonik, cijan i dr. Takodje, može da nastane raspršivanje ozračene materije, pa se pojavljuje metalna ili druga prašina u prostoriji, odnosno aerosoli. Najčešće su takvi aerosoli toksični za čoveka.

Pri korišćenju lasera u medicinske svrhe takodje može

da nastane zagadjenje okoline ozračenog dela biološkog tkiva, a to može da ugrozi i okolinu čoveka. Kao zagadjujući materijal se javlja nekrotično tkivo, bakterije, kancerozno tkivo i dr. /7/.

Požar: Pri radu sa moćnim laserima postoji velika mogućnost nastajanja požara. Ovu opasnost povećava korišćenje lako zapaljivog materijala u prostoriji. Čak i pri radu sa laserima male jačine postoji opasnost od požara usled interakcije laserskog zračenja sa nekim lako zapaljivim tečnostima ili rastvračima.

Druge opasnosti: Pored navedenog, pri radu sa laserskim uredjajima postoji opasnost i od eksplozije u bateriji kondenzatora ili u sistemu za optičko pumpanje, a posebno pri radu impulsnih lasera visoke energije.

Preventivne mere zaštite:

Kao što se vidi pored rizika od direktnog oštećenja organizma čoveka od dejstva laserskog zračenja, postoji rizik i od drugih - nespecifičnih štetnih faktora pri radu sa laserskim uredjajima. Zbog toga su neophodne preventivne mere zaštite /8/.

Svaka prostorija u kojoj se radi sa laserima mora da ima odgovarajuću kvadraturu i kubaturu: 4-5 m^2 ili 15-20 m^3 po zaposlenom. Takodje svaka prostorija treba da ima dobar ventilacioni sistem: najmanje 8 izmena vazduha na čas. Po potrebi sistem ventilacije treba da bude instaliran i lokalno, na radnom mestu./9/. Za zaštitu od zagadjenja okoline biološkim materijalom ili drugim aerosolima neophodna je primena lokalnog aspiratora.

Zaštita od bljeska lampi za pobudjivanje aktivne materije obezbedjuje se primenom ličnih zaštitnih sredstava - naočara. Zaštita od mikrotalasa i rendgenskog zračenja se obezbedjuje primenom mera oklopljavanja ili korišćenjem ličnih zaštitnih

sredstava i filmdozimetara.

Za zaštitu čula sluha od buke treba koristiti lična zaštitna sredstva - naušnice ili čepiće. Za zaštitu od visokog napona koriste se zaštitne rukavice i odgovarajući alat. Da bi se sprečila opasnost od požara neophodno je ukloniti sve zapaljive materijale i tečnosti, a po potrebi koristiti oblaganje azbestom.

SUMMARY

SOME NONSPECIFIC ADVERSE FACTORS IN WORK WITH LASER EQUIPMENT AND PROTECTION MEASURES

Laser radiation has adverse effect on human organism, at first on eye and skin. However, in work with laser equipment there are other-nonspecific factors such like: chemical materials, noise, X radiation. The article deals with these nonspecific adverse factors and gives protection measures.

LITERATURA

1. Kaveckii P. i sar.: Lazeri v biologii i medicine, Zdorovja, Kiev, 1969.
2. Readi J.: Effects of High-Power laser radiation, Academic Press, New York - London, 1971.
3. Grankina B. i sar.: Lazernoe izlučenie, Moskva, 1977.
4. Litvin S. i H.Glew: Biological Effects of Laser Radiation, JAMA, 11, 842-846, 1964.
5. Krilov i T.Jučenkova: Zaščita ot elektromagnetnih izlučenii, Sovjetskoe radio, Moskva, 1972.
6. Plethev S. i sar.: Gazovie lazeri v eksperimentalnoi i kliničeskoi onkologii, Medicina, Moskva, 1978.
7. Lazarev I.: Lazeri v onkologii, Zdorovja, Kiev, 1977.
8. Renc K.: Anwendung der Laserstrahlen in der Tehnik, Schutzmassnahmen und Schutzvorrichtungen, ASA, 5, 116-12o, 197o.
9. Goldman L. i P. Hornby: The desing of a Medical Laser Laboratory, Arch.of Environ. Health, 10:3, 493-497, 1965.

X. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29, 30, 31 maj i 1. juni 1979.

Dr Slobodan Milićević, potpukovnik

Odeljenje za medicinu rada, HHI
Zavoda za preventivnu medicinu VMA - Beograd

ZAŠTITA ŽIVOTNE I RADNE SREDINE OD RADIO-TALASA

Široka primena radio-talasa je dovela da su ovi postali jedan od najvećih zagadjivača čovekove radne i životne sredine. Na osnovu literaturnih podataka u članku se obradjuje uticaj radio-talasa na organizam čoveka i mere zaštite u životnoj i radnoj sredini.

Uvod

Naš veliki naučnik Nikola Tesla demonstrirao je prvi predaju i prijem elektromagnetnih talasa 1893 godine u Vašingtonu, a u Koloradu je ostvario prvi radio-prenos na udaljenosti od 3o km. Ne manje zaslužni pioniri za razvoj radio-talasa bili su A.Popov i G.Markoni /1/. Od tada, pa do danas broj izvora elektromagnetnog zračenja radio-talasa se mnogostruko povećao. Danas, nema ni jednog većeg mesta u zemlji koje nema radio-stanicu.Ovome su se pridružili TV centri i radari, a postoje i drugi izvori elektromagnetnog zračenja istih frekvencija. Slična je situacija i u drugim zemljama. Na ovaj način radio-talasi su postali jedan od glavnih fizičkih faktora koji ugrožavaju čoveka na radnom mestu, a i u životnoj sredini.

Osnovne karakteristike i primena radio-talasa

Radio-talasi predstavljaju skup komponenata promenljivog električnog i magnetnog polja, koji se slobodno prostiru iznad zemljine površine u svim pravcima oko predajne antene. Osnovna karakteristika radio-talasa je frekvencija /Hz/, odnosno broj oscilacija u jedinici vremena /sec./. Sa njom je tesno povezana i talasna dužina - put koji radio-talas predje u toku

jedne periode oscilovanja /u metrima/. Danas radio-talasi, uglavnom obuhvataju frekvencije od $3x10^4$ do $3x10^{12}$ Hz. Prema talasnoj dužini radio-talasi se dele na: duge /10.000 do 1.000 m/, srednje/1.000-100 m/ kratke /100-10 m/, ultrakratke /10-1 m/ i mikrotalase /1 m-1 mm/. Svaki od prikazanih dijapazona ima svoje specifično biološko dejstvo /2/. Gustina elektromagnetnog zračenja je energetska karakteristika i izražava se u vatima na jedinicu površine /W/cm^2/. Elektromagnetno polje se kreće brzinom od 300.000 km/s. u vidu elektromagnetnih radiotalasa.

Primena radio-talasa može biti različita i danas obuhvata sledeće oblike: radio-vezu, radio-difuziju, televiziju, radio-lokaciju, radio-navigaciju, radio-teledirigovanja i radiotelemetriju. U industriji se radio-talasi pojavljuju na sledećim mestima: uredjaji za indukciono zagrevanje metala /zagrevanje, kaljenje, topljenje i letovanje/, uredjaji za dielektrično zagrevanje /sušenje drva, tekstila, sintetičkog lepila i životnih namirnica/, vulkanizacija gume i dr. kao i pri izradi i proveri mikrotalasnih peći. Postoje i mesta gde se pojavljuju sporednasekundarna zračenja: vodovi za napajanje, otvori /"prozori"/ za ventilaciju, razni transformatori, kondenzatori i dr.

Uticaj radio-talasa na organizam čoveka

Efekti dejstva radio-talasa na biološko tkivo zavise od frekvencije i talasne dužine, kao i gustine elektromagnetnog polja, režima rada izvora zračenja i vremena ekspozicije. Za efekte dejstva od istog su značaja i funkcionalna stanja organizma i individualna osetljivost, kao i stepen vaskularizacije ozračenog organa, udaljenost važnih životnih organa od ozračene površine tela i krv. Reakcije organizma na elektromagnetno polje različitih dijapazona odlikuje se nespecifičnošću, odnos-

no nije uvek u zavisnosti od prirode izazivača.

Mehanizam dejstva elektromagnetnog polja radiotalasa na organizam čoveka istraživali su mnogi autori i danas je prihvaćena tzv. jonska teorija Lazareva. Prema njoj, promene u ćelijama ozračenog tkiva nastaju usled periodičnog kretanja jona, pri čemu se stvara toplota. Postoji još jedna teorija tzv. dipolnog momenta, koja se odnosi na poremećaj ćelija /Deboj i sar./. Iako su obe teorije ravnopravno priznate, ni jedna od njih ne objašnjava suštinu bioloških promena.

Uglavnom: dejstvo radio-talasa na biološko tkivo može biti dvojako: termičko i netermičko /3/. Porast temperature tkiva izaziva denaturaciju i ireverzibilnu koagulaciju belančevina. Najugroženija od pregrevanja su tkiva sa slabom cirkulacijom krvi i bez termoregulacije: očno sočivo, žučni mehur, delovi probavnog trakta i semnici. Toplotno dejstvo kratkih, ultrakratkih i mikrotalasa na biološka tkiva su najviše istraživane oblasti biofizičkog dejstva radio-talasa. Termički efekti se pojavljuju pri ozračenju gustinama snage koje su veće od 10 mW/cm^2.

Netoplotno dejstvo radio-talasa se manifestuje u vidu funkcionalnih ili trajnih poremećaja nervnog i kardiovaskularnog sistema, koštane srži i drugih organa /4,5/. Dejstvo radio-talasa na centralni nervni sistem manifestuje se u pojavi zamora i poremećaju pažnje, kao i pojavi pospanosti i poremećaju čula vida i mirisa. Na kardiovaskularni sistem radio-talasi daju: usporenje pulsa, proširenje granice srca, promenu pritiska i poremećaj reaktivnosti krvnih sudova. Od žljezda sa unutrašnjom sekrecijom najosetljivije su nadbubrežne žljezde, štitnjača i polne žljezde. Dalje, radio-talasi daju poremećaj u razmeni materije, sastavu krvi i dr. Opšte dejstvo na organizam se manifestuje pojavom

sledećih simptoma: tegobe oko srca i digestivnog trakta, kao i pojava glavobolje, zamaranja i poremećaj sna. Utvrdjeno je da se netermički efekti javljaju pri hroničnoj ekspoziciji gustinama snage koje su manje od 1 mV/cm^2. Kao što se vidi, radio-talasi daju veći broj poremećaja, što ukazuje da je neophodna adekvatna zaštita eksponiranog ljudstva.

Preventivne mere zaštite od radio-talasa

Efikasna zaštita od dejstva radio-talasa na organizam čoveka treba da obezbedi sniženje njihovog intenziteta do dozvoljenih granica - normi, a da istovremeno ne ometa tehnološki proces i normalan rad zaposlenih /6,7,8/. Preventivne mere zaštite bi se mogle podeliti na tehničke, medicinske i administrativne mere ili regulativu.

U zavisnosti od konkretnih uslova rada imamo na raspolaganju sledeće tehničke mogućnosti za zaštitu od radio-talasa:

- Sniženje intenziteta zračenja neposredno na izvoru se postiže regulacijom generatora elektromagnetnog polja ili njegovom zamenom manje snažnim.
- Ekranizaranje izvora može biti različito, a u zavisnosti od karaktera i jačine izvora zračenja, dijapazona talasa i specifičnosti proizvodnog procesa. U praksi se koriste nekoliko tipova ekrana, ali se svi dele na apsorbujuće i reflektujuće.
- Skraćenje vremena ekspozicije se primenjuje kada ne postoje druge mogućnosti za smanjenje gustine zračenja. To skraćenje rada može da traje od nekoliko minuta do nekoliko sati, zavisno od intenziteta zračenja.
- Korišćenje individualnih sredstava zaštite obuhvata korišćenje specijalne odeće /od metalizirane tkanine/ i naočara sa filtrima /od stakla i metalne mreže/.

- Zaštita rastojanjem je najefikasnija metoda koju treba primenjivati n svim slučajevima kada nije moguće obezbediti zaštitu na drugi način. Ovaj način zaštite je najefikasniji za zaštitu životne sredine.

Za sve načine zaštite primenom tehničkih mera postoje posebni proračuni. To je naročito neophodno za zaštitu životne sredine i pri primeni zaštite rastojanjem. Za racionalno korišćenje neke teritorije odredjuju se tri sanitarno-zaštitne zone: zona strogog režima, zona ograničenog korišćenja i zona stambenog naselja. Zona strogog režima obuhvata odredjenu, ogradjenu i čuvanu teritoriju, gde se smeštaju samo izvori /predajnici/ elektromagnetnog polja radio-talasa. Za ovu zonu važi poseban režim rada, pristup i dozvoljene doze ozračenja. U zoni ograničenog korišćenja mogu pod odredjenim uslovima biti locirani pojedini industrijski i privredni objekti opšteg značaja, gde je boravak ograničen na 8 časova. Na kraju, stambena zona mora biti potpuno zaštićena, tj. ovde važe norme za komunalne uslove rada i života. Prečnik i površina zona strogog režima i ograničenog korišćenja zavise od jačine predajnika, tipa i visine antene iznad nivoa zemlje, kao i reljefa zemljišta. Povećanjem visine antene, gustina polja oštro pada. Ispresecani i brdovit reljef zemljišta, kao i pošumljenost terena mogu uticati na rasprostiranje radio-talasa tako da postoje mesta /rejoni/ gde elektromagnetnog polja potpuno nedostaje. Takodje je moguće sniziti gustinu elektromagnetnog polja u zgradama korišćenjem specijalnih gradjevinskih konstrukcija, koje apsorbuju energiju radio-talasa. Kao što se vidi, postoje posebni komunalni problemi za zaštitu od radio-talasa, ali i mogućnosti za njihovo rešavanje /9/.

Za sprečavanje profesionalnih bolesti pri ekspoziciji

radio-talasima vrlo su značajne medicinske mere zaštite /10/. Ovaj vid zaštite se ostvaruje putem prethodnih i periodičnih pregleda. Cilj prethodnih pregleda je da se selekcijom ljudstva onemogući rad u ovakvim uslovima radnicima narušenog zdravlja /u ovom smislu postoje odredjene kontraindikacije/. Periodične preglede bi trebalo obavljati jednom godišnje ili redje - na 2 godine. Za ovaj posao je neophodan timski rad specijalista za medicinu rada, neuropsihijatra, psihologa i specijaliste za očne bolesti, a po potrebi konsultacije i drugih specijalista. U ovom radu obavezno je sprovesti kompletan hematološki, biohemijski i ciljani enzimski pregled, uz obavezan EKG i EEG. Za praćenje zdravstvenog stanja stanovništva potrebno je periodično obaviti isto tako medicinske preglede, po istoj metodologiji i sa praćenjem istih parametara.

Kontrola uslova rada je neophodna, pri čemu se vrši merenje jačine, odnosno gustine elektromagnetnog polja, odredjuju mere zaštite, sigurnosne zone i proverava ispravnost i pravilnost mera zaštite.

U preventivne mere zaštite spadaju i administrativne mere ili regulativa, pod kojim se podrazumevaju poslovi oko donošenja propisa za zaštitu životne i radne sredine, odredjuju dozvoljene doze ozračenja, kao i donošenje drugih pravilnika za zaštitu od radio-talasa. U tom pogledu je posebno značajno normiranje polja radio-talasa, tj. odredjivanje dozvoljenih doza ozračenja. U svetu još uvek ne postoje jedinstveni kriterijumi i skoro svaka zemlja ima svoje norme.

Problem zaštite od elektromagnetnog polja radio-talasa je aktuelan i za našu zemlju, jer se na ovom polju do sada samo delimično uradilo. Za rešavanje ovog problema je neophodan tim-

ski rad tehničkih i medicinskih stručnjaka, a za to kod nas postoje realni uslovi.

SUMMARY

PROTECTION OF LIVING AND WORKING ENVIRONMENT FROM RADIO WAVES

Radio waves are one of the bigest polutants of Living and working environment, due to their wide use. In this article the effect of radio waves on human organism and protective measures are discussed on the basis of literature data.

LITERATURA:

1. Djurić B.: Veliki fizičari, Novi Sad, 1949.
2. Presman A.: Elektromagnetnie polja i živaja priroda, Moskva, 1968.
3. Jakovljeva M.: Fiziologičeskie mehanizmi deistvija elektromagnetnih poljei, Lenjingrad, 1973.
4. Holodov Ju.: Vlijanije elektromagnetnovo i magnetnovo poljei na centralnuju nervnuju sistemu, Moskva,1966.
5. P.E.: Overviev of the biological effects of electromagnetic radiation, IEEE Fransction on Aerospace and Electronic System, 1973.
6. Karpova D. i V.Kovšilo: Spravočnik po gigiene truda, Medicina, Lenjingrad, 1976.
7. Zalotuhin A.: Vozdejstvije elektromagnetnovo izlučenija na biologičeskije objekti i fiziologičeskije osnovi zaščiti ot nego, Zarubežnaja radioelektronika, 1975.
8. Koševlev N. i O.Karelin: Gigiena truda na radiolokacionih stancijah i drugih objektah ispoljzujuščih elektronuju aparaturu, Leningrad, 1974.
9. Krilov V. i T.Jurčenkova: Zaščita ot elektromagnetnih izlučenii, Sovjetskoe radio, Moskva, 1972.
lo. Voljfovskaja R.: Predvariteljnije i periodičeskie medicinskie osmotri rabočih, Medicina, Lenjingrad, 1974.

AKUTNI POREMEĆAJI VITALNIH FUNKCIJA I OŠTEĆENJA ORGANA IZAZVANA OZRAČENJEM MIKROTALASIMA VELIKOG INTENZITETA

Zoran Djordjević, Vidoje Djoković, Zdravko Kelečević
Vazduhoplovnomedicinski institut, Zemun

Rezime: U radu su prikazani rezultati kratkotrajnog izlaganja pacova u polju intenzivnog mikrotalasnog zračenja. Elektrokardiografska i patohistološka ispitivanja pokazala su da u ovakvim uslovima zračenja vrlo brzo dolazi do poremećaja osnovnih vitalnih funkcija i teških oštećenja tkiva unutrašnjih organa. Autori u zaključku ukazuju na mogućnost akcidenata, čak i u uslovima kratkotrajnog ozračenja visokim intenzitetima mikrotalasnog zračenja.

Prvi slučaj fatalnog ozračenja mikrotalasima u uslovima profesionalnog izlaganja, objavio je McLauglin 1957. godine (1). Ovaj slučaj mikrotalasne smrti nije sigurno dokazan, ali je on ipak skrenuo pažnju na mogućnost fatalnih akcidenata pri radu sa izvorima mikrotalasnog zračenja. Niz eksperimentalnih radova koji su kasnije bili izvedeni u svetu nesumnjivo su potvrdili pretpostavku da visoke doze mikrotalasnog zračenja mogu da izazivaju teška oštećenja vitalnih organa, a takodje i brze smrtonosne efekte (2, 3, 4,).

U ovom radu biće prikazani rezultati naših istraživanja bioloških efekata mikrotalasa u uslovima kratkotrajnog izlaganja eksperimentalnih životinja u polju intenzivnog zračenja.

Materijal i metode

Ispitivanja su vršena na pacovima Wistar soja, mužjacima, telesne težine 150 - 200 gr. U ogled je uzeto 30 životinja, koje su bile podeljene u dve eksperimentalne grupe (po 15 životinja). Prva grupa je korišćena za elektrokardiografska ispitivanja u toku izlaganja zračenju. Životinja ove grupe bile su podeljene u tri podgrupe (po 5 životinja). Prva podgrupa zračena je 5 minuta, druga 30 min i treća 45 min.

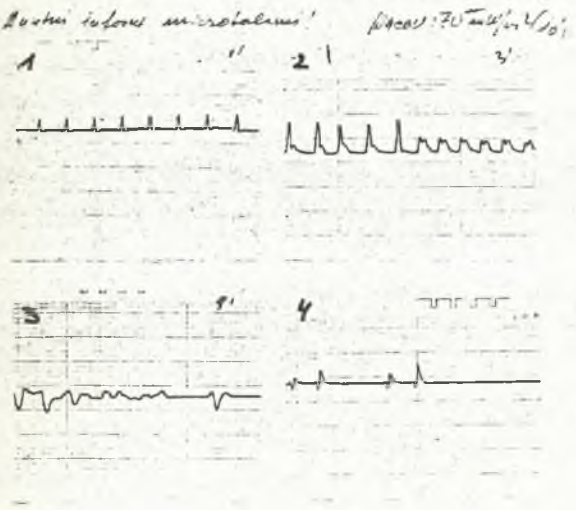
Druga eksperimentalna grupa takodje je bila podeljena na tri podgrupe (po 5 životinja), koje su bile izlagane zračenju u istom trajanju kao i podgrupe prve grupe (5, 30 i 45 min zračenja). Životinje druge eksperimentalne grupe korišćene su za patohistološka ispitivanja tkiva unutrašnjih organa posle izlaganja zračenju. Uzorci tkiva za ova ispitivanja uzimani su neposredno posle zračenja (prva podgrupa), 24 časa posle zračenja (druga podgrupa) i 10 dana posle zračenja (treća podgrupa).

Životinje prve i druge eksperimentalne grupe bile su izlagane jedinstvenoj dozi mikrotalasnog zračenja od 70 mW/cm^2. Odredjivanje doze zračenja vršeno je pri menom detektora za mikrotalasnu radijaciju tipa NARDA 8100B. Kao izvor mikrotalasnog zračenja u ovom eksperimentalnom radu poslužio je aparat za mikrotalasnu diatermiju MEDITRON 200, koji ima izlaznu snagu 200 W, a radi na frekvenciji od 2400 MHz (12 cm talasne dužine). Životinje su izlagane zračenju u restrain položaju.

Rezultati

Na slici 1. prikazani su karakteristični detalji elektrokardiograma pacova u toku zračenja intenzitetom od 70 mW/cm^2. Može se odmah zapaziti da je već u trećoj minuti zračenja došlo do karakterističnih izmena u EKG-u. Javljaju se visoki R zupci sa čijih silaznih krakova visoko polazi ST spojnica što bi govorilo za akutnu leziju miokarda. Ubrzo se javlja i kompletan blok sa razvučenim QRS kompleksom, niskim dvogrbim R zupcima. U devetoj minuti zračenja dolazi do ventrikularne fibrilacije. Hemodinamski efekat miokarda je u ovakvom stanju ravan nuli te brzo dolazi do smrti životinje.

Patohistološkim ispitivanjima srčanog mišića utvrdjene su promene u smislu izražene hiperemije, staze i mikrohemoragija. Navedene promene posledica su snažnog termičkog efekta mikrotalasnog zračenja, odnosno brze i brutalne hipertermije koja je izazvana ovim zračenjem. Letalnom ishodu koji je nastupao neminovno u toku izlaganja pacova zračenju od 70 mW/cm^2, prethodila je faza pojačanog motornog nemira, hipersalivacije, hiperhidroze, polipnoje, porasta telesne temperature i kloničkih grčeva.



Sl.1 EKG pacova u toku ozračenja mikrotalasima intenziteta 70 mW/cm^2.

Sl.2 Histološki nalaz testisa pacova neposredno posle 30.min. izlaganja mkt.zračenju intenziteta 70 mW/cm^2 (x250)

Sl. 3 Histološki nalaz testisa pacova posle 15.min. zračenja mkt intenziteta 70 mW/cm^2 (posle 24 čas.) (x250)

Sl. 4. Histološki nalaz testisa pacova posle 15.min. zračenja mkt intenziteta 70 mW/cm^2 (posle 10 dana) (x250)

Sa posebnom pažnjom su ispitivane promene u rasplodnim organima pacova izlaganih zračenju za kraće ili duže vreme (5 do 45 min/doza mkt.zr.: 70 mW/cm^2). Na slici 2. prikazan je patohistološki nalaz testisa pacova, neposredno posle 30.minutnog izlaganja zračenju. Zidovi semenih kanalića su zadebljali, edematozni, sa krvnim izlivima u parenhimu. Zapaža se da su lumeni kanalića ispunjeni detritusima celularnih elemenata. Ukratko, došlo je do akutnog teškog oštećenja parenhima sa redukcijom spermatogeneze.

Na slici 3. prikazan je patohistološki nalaz testisa ozračenog pacova (ekspozicija: 15 min/doza: 70 mW/cm^2) posle 24 časa. zapaža se edematozan i raslojen intersticijum, dok je lumen semenih kanalića ispunjen bezstrukturnom masom. Radi se o nekrobiotičnim procesima koji su zahvatili celularne elemente semenih kanalića. Proces spermatogeneze je potpuno zaustavljen.

Na slici 4. prikazan je nalaz testisa pacova 10 dana po zračenju dozom od 70 mW/cm^2 u trajanju od 15 min. Ovde se vide formacije degenerativno i nekrotično promenjenih ćelija epitela. Takodje se mogu uočiti i formacije bizarnih ćelija u fazi pojačane mitoze. Ove gigantske formacije ćelija, svojom atipičnom formom podsećaju na maligno alterirane ćelije, medjutim, za definitivne zaključke potrebna su dalja istraživanja u ovom području mikrotalasnih doza.

Zaključci:

- Izlaganje pacova u polju snažnog mikrotalasnog zračenja (70 mW/cm^2) brzo dovodi do ozbiljnih poremećaja osnovnih vitalnih funkcija i teških oštećenja unutrašnjih organa u ozračenih životinja.

- Petohistološkim ispitivanjima utvrdjena su oštećenja tkiva u smislu hiperemija, edema, hemoragija, distrofičnih i degenerativnih promena u ćelijama.

- Akutni poremećaji funkcija vitalnih organa i patohistološke promene koje su utvrdjene posle kratkotrajnog izlaganja pacova mikro-

talasnom zračenju intenziteta 70 mW/cm^2, posledica su snažnog i specifičnog termičkog efekta koje ozračene životinje nisu bile u stanju da kompenzuju angažovanjem svojih termoregulacionih mehanizama.

- Rezultati ovih ispitivanja ukazuju na mogućnost akcidenata u uslovima akutnih i jednokratnih ozračenja visokim intenzitetima mikrotalasa.

Literatura

1. Mc.Laughlin J.D.: Calif. Med. 86, 336, 1957.

2. Michaelson S.: Proc. IEEE 60, 389, 1972.

3. Tjagin N.V.: Voj. Med. Žurnal, 9, 14, 1960.

4. Witkowicz J.: Prace Przemyslowego Institytu Telekomunikaciji, 34, 47, 1961.

Summary

The results of the investigation demonstrated that microwave radiation of high power density can result in serious domages of the organism exposed to radiation. Cardiovascular disturbances, hemorrhages, degeneration and particularly domage to spermatogenesis were observed in these experiments. The authors inclined to explain these results as the influence of the sharp thermal effect of microwave irradiation.

NAŠA ISKUSTVA U RADU SA MIKROTALASNIM DETEKTOROM NARDA 8100B

Zoran Djordjević, Zdravko Kelečević

Vazduhoplovnomedicinski institut, Zemun

Rezime: U radu su prikazana iskustva u radu sa mernim uredjajima Narda Model 8100B. Ovaj uredjaj je lakonoseći, sa skalom za direktno očitavanje mikrotalasnog zračenja. Služi za odredjivanje intenziteta zračenja u blizini raznih izvora mikrotalasne energije (mikrotalasnih peći, grejača, sušača i sličnih uredjaja). Može da se koristi i za ispitivanje doza zračenja u eksperimentalnim istraživanjima, kao i za kontrolu zračenja na terenu. Osnovni principi konstrukcije i funkcije ovog mernog uredjaja ukratko su opisani.

Tehnika odredjivanja intenziteta mikrotalasnog zračenja u polju vezana je sa brojnim teškoćama. Navešćemo tri osnovna pitanja koja treba rešiti pri mikrotalasnoj dozimetriji:

1. Koje fizičke karakteristike treba koristiti pri odredjivanju doza mikrotalasnog zračenja?

2. U kakvom su odnosu intenzitet mikrotalasnog polja u spoljnoj sredini i u živom tkivu biološkog subjekta koji se nalazi u zoni zračenja?

3. Kako isključiti interferenciju mikrotalasa izmedju izvora zračenja i površine mernog uredjaja i kako tumačiti rezultate merenja zračenja u takvim uslovima?

Valja priznati da i pored neprekidnog usavršavanja merne tehnike i metodologije merenja mikrotalasnog zračenja, za sada ne raspolažemo uredjajima koji daju potpune odgovore na navedena pitanja. Drugim rečima, veština, znanja i iskustvo stručnjaka koji se bave merenjem mikrotalasnog zračenja ostaju da nadoknade nedostatak pouzdane i precizne merne aparature. Ostaje nada da će u skoroj budućnosti ove teškoće biti prevazidjene konstrukcijom novih i savršenijih mernih uredjaja za mikrotalasnu radijaciju.

U ovom saopštenju biće prikazane mogućnosti i karakteristike jednog od novijih modela NARDA detektora za mikrotalasna zračenja: ELECTROMAGNETIC LEAKAGE MONITOR "SURVEYOR" - The Narda Model 8100B (Slika 1).

Ovaj merni uredjaj je portabilan, sa skalom za direktno očitavanje vrednosti zračenja u mW/cm^2, naročito je podešen za kontrolu zračenja u neposrednoj blizini mikrotalasnih peći i drugih izvora zračenja koji se koriste u industriji ili domaćinstvima, a koji emituju mikrotalase frekventnog područja 915 i 2450 MHz.

Uredjaj raspolaže sa tri sonde koje služe za merenja različitih intenziteta zračenja. Plava sonda se koristi za intenzitete od 0,2 do 2 mW/cm^2, bela sonda za intenzitete od 2 do 20 mW/cm^2 i crvena sonda za intenzitete od 20 do 200 mW/cm^2. Svaka od ovih sondi ima ugradjenu antenu i detektor. Merni uredjaj se napaja energijom iz 15-voltne nikl-kadmijumske baterije koja se može puniti iz gradske električne mreže (115-230 V). Radni kapacitet mernog uredjaja je 20 radnih časova do sledećeg punjenja baterije. Uredjaj raspolaže mernom skalom od O do 20 mW/cm^2. Primenom različitih sondi vrednosti na skali se množe ili dele sa 10.

Merni uredjaj NARDA 8100B funkcioniše na sledećem principu: sonda preko svoje antene prima elektromagnetsko zračenje i pretvara ga u struju niske voltaže. Ustvari energija zračenja se apsorbuje u elementima termokupla koji čine sastavni deo sonde i tu se preobraća u toplotu. Ova toplotna energija je ustvari izvor električne struje niske voltaže. Stvorena električna energija ide u pojačivače, a preko njih u indikator gde se na skali registruje maksimum ispitivane energije. Uredjaj je snabdeven i sigurnosnim alarmnim sistemom koji se automatski uključuje ukoliko se sa mernim uredjajem ulazi u polje zračenja čiji intenzitet prevazilazi merne mogućnosti uredjaja. Na slici 2 dat je pojednostavljen blok dijagram mernog uredjaja NARDA 8100B.

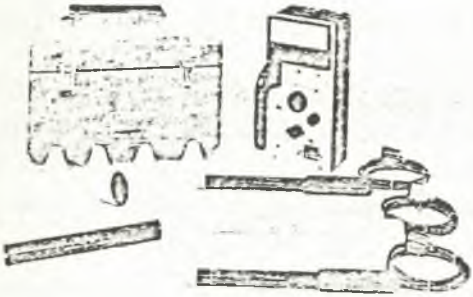


Figure 1-1. Model 8100B ELECTROMAGNETIC LEAKAGE MONITOR

Kako je već spomenuto ovaj merni uredjaj za mikrotalasnu radijaciju prvenstveno je namenjen za ispitivanja hermetičnosti mikrotalasnih peći, odnosno "curenja" energije u okolni prostor. Budući da NARDA 8100B raspolaže sondom koja može da registruje energiju intenziteta i do 200 mW/cm^2, ovaj merni uredjaj može odlično da posluži i za ispitivanja zračenja u veoma snažnim poljima.

U Vazduhoplovnomedicinskom institutu merni uredjaj NARDA 8100B se zadnje godine koristi za odredjivanje doza mikrotalasnog zračenja u eksperimentalnim istraživanjima, a takodje i u rutinskim terenskim ispitivanjima u neposrednoj blizini snažnih radarskih uredjaja i na radnim mestima zaposlenog osoblja.

Na osnovu naših dosadašnjih iskustava pri radu sa ovim mernim uredjajem za mikrotalasnu radijaciju, možemo zaključiti da se radi o praktičnom i pouzdanom instrumentu koji je svojim prednostima korisno dopunio raspoloživu mernu tehniku Vazduhoplovnomedicinskog instituta.

OUR EXPERIENCES WITH ELECTROMAGNETIC LEAKAGE MONITOR THE NARDA MODEL 8100B

Experiences with the Narda Model 8100B Electromagnetic Leakage Monitor have been presented. The apparatus is a completely portable, direct-reading instrument for determining the amount of microwave energy radiated by industrial and domestic ovens, heaters, dryers and similar equipment. The apparatus has shown to be very suitable for work under various conditions (biological researchs, hazard surveys etc.). The principal circuits and general instructions for the operation of the Model 8100B Electromagnetic Leakage Monitor is also briefly discussed.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac 29, 30, 31.V i 1.VI 1979.

Gligorijević dr. Jovan

Katedra za radiologiju i fizioterapiju
Veterinarskog fakulteta u Beogradu

BIOLOŠKO DEJSTVO ULTRAZVUKA I RADIJACIONI RIZIK

Ultrazvučne radijacije, frekvencije od 20 KHz do 3 MHz, snage 3 W/cm^2, prisutne su u životnoj sredini zahvaljujući njihovoj primeni u industriji, telekomunikacijama, industriji vina, ribarstvu, domaćinstvu, dijagnostici i terapiji u humanoj i veterinarskoj medicini i sl.

U složenoj biofizici ultrazvučnog polja poseban značaj, sa stanovišta radijacionog rizika imaju one komponente njegovog delovanja koje dovode do dezintegracija ćelija i tkiva, propustljivosti membrana, refleksije na graničnim slojevima. U tim okvirima nalaze se i bionegativni efekti ultrazvučnih radijacija. U referatu su izneta neka iskustva o uslovima za primenu ultrazvuka u lečenju domaćih životinja.

Među elementima zaštite nalaze se: adekvatan izbor frekvencija i snage ultrazvučnih radijacija, odgovarajuće emisione površine projektora i kontaktnih sredstava, obuka kadrova za rukovanje ultrazvučnim izvorima i zaštitna sredstva.

Nejonizujuća zračenja elektrostatskog i magnetostriktivnog polja u obliku ultrazvučnih radijacija, frekvencije od 20 KHz do 3 MHz, snage 3 W/cm^2 prisutni su u životnoj sredini zahvaljujući njihovoj primeni u industriji, telekomunikacijama, ribarstvu, dijagnostici i terapiji u humanoj i veterinarskoj medicini. Brzi razvoj i široka primena ultrazvučnih aparata, emitera nejonizujućih zračenja, nametnuli su potrebu utvrđivanja rizika od mogućih bionegativnih efekata kao i obezbeđivanja odgovarajućih mera zaštite. Iz obimne i složene problematike ultrazvuka i njegove primene u ovom referatu biće izneta neka naša iskustva o uslovima za primenu ultrazvučne terapije u

veterinarskoj medicini.

Osnovni uslov za nastajanje pozitivnog terapijskog efekta je da se odgovarajući energetski nivoi ultrazvučnih radijacija transportuju od ultrazvučnog projektora u obolelo tkivo, odnosno organ. Poznato je da prostorna distribucija ultrazvučnih radijacija sa emisione površine projektora ima oblik cilindričnog levka, čija se unutrašnja struktura sastoji od "maksimalnog" i "minimalnog polja" koja su naročito izražena u neposrednoj blizini emisione površine. Prostor između emisione površine i poslednjeg maksimuma je tzv. "blisko polje", dok se iza ovoga nalazi "daljinsko polje", odnosno homogeno ultrazvučno polje. Kod tretiranja bioloških supstrata nije svejedno da li se prozvučavanje vrši u "bliskom" ili homogenom polju. Pošto se apsorpcijom uslovljena poluvredna dubina pri 800 KHz nalazi na oko 3,5 sm, izlazi da na mestu poslednjeg maksimuma interferencije (kod projektora malih dimenzija) intenzitet opada na 1/3 od svoje početne vrednosti. Ali pošto se intenzitet u maksimumu inerferencije povećava sa faktorom 4, pad intenziteta je neznatan. Sa projektorima malih dimenzija na ovim odstojanjima postiže se izvesno fokusiranje ultrazvučnih radijacija, što omogućuje da se one čak i vrlo precizno lokalizuju. Sasvim je drugačija slika sa ultrazvučnim projektorima velikih dimenzija. Obzirom da ultrazvučna snaga izražena u W/cm^2 predstavlja srednju vrednost ukupne emitovane ultrazvučne energije, preciznijim određivanjem emisije kvarca ustanovljeno je da postoji bitna razlika u količini emitovane ultrazvučne energije izražene u W/cm^2 od one koju emituje aktivna površina kvarca.

Na osnovu ovih osnovnih karakteristika ultrazvučnih projektora i prostorne distribucije ultrazvučnih radijacija u homogenim sredinama, konstruisali smo ultrazvučne aplikatore, koji su obezbeđivali celishodan transport ultrazvučne energije od emisione površine projektora do obolelog tkiva, odnosno organa (aplikatori za oko

ušni kanal, usta i sl) (17).

Pri prostornoj distribuciji ultrazvučnih radijacija kroz medije različitog karakterističnog otpora javljaju se, kao što je poznato, dva fenomena: savijanje ultrazvučnih radijacija i refleksija od graničnog sloja. Problem graničnog sloja pri ultrazvučnoj terapiji javlja se na kontaktnoj površini između emisione površine projektora i kože prozvučenog dela tela. U aplikacionoj tehnici ovaj problem rešen je primenom kontaktnih sredstava: pasta za ultrazvučnu terapiju i dijagnostiku, parafinsko ulje, voda i sl.

Međutim, uslovi prostorne distribucije ultrazvučnih radijacija kroz životinjska tkiva daleko su složeniji zbog velikih razlika u njihovim fiziko-hemijskim svojstvima, odnosno karakterističnog otpora. Životinjska tkiva se nalaze u određenoj dinamičkoj ravnoteži specifičnih biohemijskih procesa i pošto pri prozvučavanju nastaju kvalitativno novi uslovi prostorne i vremenske distribucije ultrazvučnih radijacija, zavisno od reda veličina u ultrazvučnom polju dolazi do niza reverzibilnih, uslovno reverzibilnih i ireverzibilnih promena. Zato se i biološki efekat ultrazvuka manifestuje kao vrlo složen proces mehaničke, termičke, hemijske, luminiscentne i bioelektrične prirode. Usled naizmeničnih pulzacija dolazi do zgušnjavanja (strikcije) i razređivanja (dilatacije) prozvučene sredine sa naglim promenama gradijenta pritiska, pri čemu se u tkivima stvaraju vakuole, povećeva propustljivost membrana i pojačava strujanje citoplazme, odnosno inter- i intracelularni biohemizam. Pored ove visokofrekventne masaže u tkivima se absorbovani deo ultrazvučne energije ispoljava kao termički efekat, koji je naročito evidentan kod većih ultrazvučnih intenziteta (ultrazvučna dijatermija). Posebno selektivno dejstvo ultrazvuk ima na nervni sistem. Pod uticajem ultrazvuka, zavisno od intenziteta i načina aplikacije, na mestu tretiranja klinički se zapaža aktivna hiperemija sa svim konsekvencama, kao i analgetično, spazmolitično i fibrolitič-

nih tkiva.

Korišćenjem hronaksije, koja omogućuje registrovanje minimalnih modifikacija pogotovo latentnih nervnih funkcija, bilo je moguće ustanoviti veliku osetljivost nervnog sistema na visoke frekvencije ultrazvuka (2, 3, 4, 5, 6, 7). Tako, već ultrazvučni intenziteti od 0,18 W/cm^2 za vreme od 5 do 10 sekundi izazivaju nadražaje nervnog sistema koji se odražavaju na hronaksiju. Dejstvo ultrazvuka ispoljava se i na medularnim i moždanim centrima. Na osnovu rezultata sistematskih istraživanja ultrazvuk je korišćen kao pokretač srca zaustavljenog hlađenjem (1). Ultrazvukom se može postići i izvesno vreme održavati ritmičko kontrahovanje izolovane komore žabljeg srca, čija je spontana aktivnost prestala. Dejstvo ultrazvuka preko tečnog medijuma (fiziološki rastvor) na ogolićeno srce pacova u dubokoj hipotermiji (zona kliničke smrti) može dovesti do aktiviranja zaustavljenog srca pri nižim telesnim temperaturama nego kada se reanimacija postiže prostim zagrevanjem. Srce reaktivirano ultrazvukom pokazuje pri porastu telesne temperature od 20°C u toku reanimacije, znatno veće frekvencije nego pri prostom zagrevanju. Srce duboko ohlađenog pacova, dovedenog u stanje kliničke smrti, može se reaktivirati ultrazvukom i onda kada se prozvučavanje vrši preko intaktnog torakalnog žida.

U okviru složene problematike mehanizma delovanja ultrazvuka nalaze se i efekti bubrenja i dezintegracije ćelija, koji mogu nastati pri prozvučavanju sa terapijskim ultrazvučnim kvalitetima. Dezintegracioni efekti ultrazvuka ispitivani su na mikroorganizmima. Rezultati ovih ispitivanja pokazuju da pod dejstvom ultrazvuka terapijskih kvaliteta mikroorganizmi trpe razne fiziko-hemijske promene, koje se manifestuju usporenim razmnožavanjem, promenom antigene strukture, povećanjem propustljivosti membrana i dezintegracijom molekula, odnosno pojedinih delova bakterija. Posmatranjem pod elektronskim mikroskopom konstatovano je da posle pro-

zvučavanja spora B. antrax (800KHz-3MHz, 1-3W/cm^2, 5-30min) u početnoj fazi bubri i deformiše se membrana, dok kod jačih omtenziteta dolazi i do prskanja membrane i destrukcije spora. Slični rezultati su dobijeni sa prozvučavanjem Stafilokoka i E. rhusiopathie. Promene kod stafilokoka izražene su prvenstveno razbijanjem skupina koka, zatim, njihovim bubrenjem, deformacijom opni i destrukcijom bakterija. Iste promene ustanovljene su i kod E. rhusiopathie primenom nižih intenziteta (14).

Ovako koncipiran eksperimentalni dizajn omogućuje da se sagleda niz biofizičkih pojava koje se javljaju pri prostornoj i vremenskoj distribuciji ultrazvučnih radijacija u pojedinim tkivima i organima. Pojedinačno korišćenje ovih komponenti ultrazvučnog delovanja, kao što rezultati izvršenih istraživanja pokazuju, dovodi do specifičnih efekata, koji kod odgovarajućih indikacija daju povoljne efekte. Pri rutinskoj kliničkoj primeni ultrazvučne terapije u prozvučavanim tkivima i organima mogu se istovremeno manifestovati više komponenti mehanizma delovanja ultrazvučne energije, pri čemu ukupno energetsko opterećenje može da prouzrokuje bionegativne efekte u datim uslovima. Ovo pre svega može da nastane pri prozvučavanju kritičnih tkiva kao što su: koža, nervni sistem i sl. Usled toga postoji opravdana potreba utvrđivanja radijacionog rizika kod svake pojedinačne indikacije za primenu ultrazvučne terapije.

U složenoj biofizici ultrazvučnog polja, sa stanovišta radijacionog rizika poseban značaj imaju one komponente delovanja ultrazvučnih radijacija koje dovode do bubrenja i dezintegracije ćelija i tkiva, propustljivosti membrana, refleksije na graničnom sloju i dr. U tim okvirima nalaze se i bionegativni efekti ultrazvučnih radijacija. Među elementima zaštite nalaze se: adekvatan izbor frekvencije i snage ultrazvučnih radijacija, odgovarajuća emisiona površina projektora i kontaktnih sredstava, obuka kadrova za rad sa ultrazvučnim izvorima i zaštitna sredstva.

THE BIOLOGICAL IMPACT OF ULTRASOUND AND THE RADIATIONAL RISK

The ultrasound radiations, in a frequency range of 20KHz-3MHz and $3W/cm^2$ power, exist in our environment due to their use in industry, mass media, vine industry, fishing, households, diagnostics and therapy in both human and veterinarian medicine.

A special importance, in a complicated biophysics of an ultrasound field, from a standpoint of a radational risk, should be given to such components of it'a impact which produce desintegrations of cells and tissue, membrane permeability and to reflections on interfaces. Also we should add bionegative effects of ultrasonic radiations. In this report some experiences, based on the use of ultrasound in domestic animals treatment are shawn.

Among the elements of protection, there are adequatly chosen power and frequencies of an ultrasonic radiation, adequate emission surfaces of projectors and contact applications, training and licensure of operators and protection devices.

Bibliografija

1. ANĐUS R.K., GLIGORIJEVIĆ J., RAJEVSKI V., DIMITRIJEVIĆ B.: Arh. biološ.nauk.,X,1-4,1958., Bgd.
2. BUSNEL R.G., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: Jour.de physiol.47,1955., Paris.
3. BUSNEL R.G., GLIGORIJEVIĆ J., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: Pres.Academ. des Scienc. 1953., Paris.
4. BUSNEL R.G., GLIGORIJEVIĆ J., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: Pres.Academ. des Sciences, 1954., Paris.
5. BUSNEL R.G., GLIGORIJEVIĆ J., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: La Presse Medicale 30, 1953., Paris.
6. BUSNEL R.G., GLIGORIJEVIĆ J., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: Ultraschall in der Medicin 6/1, 1953.
7. BUSNEL R.G., GLIGORIJEVIĆ J., CHAUCHARD P., MAZOUE H.: Ultraschall in der Medicin 1, 1954.
8. GLIGORIJEVIĆ J.: Veterinarski glasnik 2, 1954., Beograd.
9. GLIGORIJEVIĆ J.; Zbornik I Kongr. veterinara FNRJ, 1954., Bgd.
10. GLIGORIJEVIĆ J., DIMIĆ J., MIHAJLOVIĆ B., TAMBURAŠEV G.: Acta veterinaria 4, 3, 1954., Bgd.
11. GLIGORIJEVIĆ J.,DIMIĆ J.,DIMITRIJEVIĆ B.: Acta veterinaria,5,1955.
12. GLIGORIJEVIĆ J.:Ultraschll in der Medicin, 1, 1956.
13. GLIGORIJEVIĆ J.,GRUJIĆ B.,JANKOVIĆ A.:Acta veterinaria 6,1,1956.
14. GLIGORIJEVIĆJ.,PUHAĆ I.,KATIĆ R.,HRGOVIĆ N.: Acta veterinaria, 6, 1-4, 1956.Bgd.
15. GLIGORIJEVIĆ J.,JOVANOVIĆ M.,DJURDJEVIĆ DJ.,PETROVIĆ B.: Annales d'oculistique, 5, 1958.
16. DIMIĆ J.,GLIGORIJEVIĆ J.,DIMITRIJEVIĆ B.: Zbornik I savetovanja o primeni ultrazvuka, 1957. Bgd.
17. GLIGORIJEVIĆ J.: Veter. glasn. 12, 1959. Bgd.
18. GLIGORIJEVIĆ J.,DIMITRIJEVIĆ B., JANKOVIĆ-ZAGORČIĆ A.: Veter. glasn. 4, 1960, Bgd.
19. VILLFORTH J.C.: IV Kongres IRPA,1977. Paris.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Slobodan SAVIĆ,
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu, Beograd

Marko M. POPOVIĆ,
Institut za fiziku, Beograd

ŠTETNO DEJSTVO OPTIČKOG ZRAČENJA NA ORGAN VIDA

Kratak sadržaj

U prvom delu rada, data je osnovna podela optičkog dela spektra elektromagnetnog zračenja, potom je opisan uticaj pojedinih delova spektra na organ vida i moguća oštećenja oka. Sistematski je pregledano 548 radnika izloženih IC i UV zračenju i utvrdjeno je da 55 do 20% (zavisno od zanimanja) imaju oboljenja izazvana zračenjem. Na kraju se sugeriše dalji rad na utvrdjivanju i kontroli štetnih doza optičkog dela spektra.

1. Uvod

Čovek, pa time i njegov organ vida, je izložen neprekidno uticaju elektromagnetnog zračenja. Osnovni izvor elektromagnetnog zračenja koje pada na površinu zemlje je Sunce. Pod uticajem tog izvora zračenja formirano je oko čoveka, čija spektralna osetljivost kao detektora odgovara, uglavnom, kroz atmosferu propuštenom spektru zračenja Sunca. Medjutim, oko je izloženo, posebno kod odredjenih zanimanja, i intenzivnom zračenju iz raznih drugih izvora koja mogu na njemu izazvati niz oštećenja. Radi razmatranja tog štetnog delovanja optičkog zračenja na oko daćemo u početku izlaganja osnovnu podelu optičkog dijapazona elektromagnetnog spektra i uticaj pojedinih delova spektra na oko. Potom dajemo primere oštećenja organa vida kod pojedinih radnika koji su

izloženi intenzivnom delovanju zračenja na oko. Na kraju dećemo kratak komentar o mogućnosti ustanovljavanja i kontrole doza koje mogu izazvati štetne posledice.

2. Uobičajena podela optičkog dela elektromagnetnog spektra i uticaj pojedinih oblasti spektra na organ vida

Dejstvo zračenja zavisi od vrste, intenziteta, vremena delovanja, dubine prodiranja i mesta gde se apsorbuju zraci. Optička oblast elektromagnetnog spektra obuhvata više vrsta zračenja: ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno, a kao zračenje posebnog kvaliteta, pa time i specifičnog dejstva lasersko zračenje.

Ultraljubičasto zračenje (10-400 nm) uglavnom se deli na tri osnovne oblasti po izrazito različitim biološkim efektima (1): UV-A talasnih dužina 400 do 320 nm (često nazivana, dugi UV talasi, ili blisko UV zračenje ili crno svetlo), UV-B od 320 do 280 nm (nazvana: srednji UV talasi ili "zraci za crnjenje") UV-C od 280 do 200 nm (nazvana: kratki UV talasi ili daleko UV zračenje ili sterilizijuće zračenje). Talasne dužine kraće od 200 nm imaju malo značaja za biološke efekte, pošto zračenje u toj oblasti spektra (ekstremno ili vakuum UV) biva apsorbovano na vrlo kratkom putu kroz vazduh.

Vidljivi deo spektra je od 400 do 760 nm, a infracrveni deo spektra od 760 nm do 3 mm, on se deli takodje na: IC-A oblast od 760 do 1400 nm (blisko IC zračenje),IC-B 1400 do 3000 nm (srednje IC zračenje)i IC-C preko 3000 nm (daleko IC zračenje).

Lasersko zračenje može se, s obzirom na raznovrsnost radnih-optički aktivnih materijala u kojima zračenje nastaje, nalaziti u ma kom delu optičkog spektra što se talasnih dužina

tiče. Lasersko zračenje u ovom radu nije predmet detaljnije studije pošto njegov uticaj na organ vida nije proučavan. Treba ipak reći da lasersko zračenje posebno ako direktno upadne u oko izaziva i pri manjim dozama oštećenja zbog paralelnosti laserskog snopa i njegovog fokusiranja očnim sočivom. Takodje rasejano zračenje od snažnih lasera izaziva znatna oštećenja organa vida.

Ultraljubičasto zračenje zavisno od talasne dužine različito se apsorbuje u delovima oka pa i biološki efekti su funkcija dubine prodiranja (2) zračenja u oko. Talasne dužine manje od 320 nm potpuno se apsorbuju u rožnjači izmedju 320 i 400 nm veliki deo biva apsorbovan u očnom sočivu. Za očekivanje je, da se biološki efekti UV-A zračenja ograniče na sočivo a UV-B na spoljne delove oka. Maksimalni efekat ima zračenje izmedju 297-254 nm (3). Efekat ultraljubičastog zračenja ogleda se uglavnom na površinskim delovima organa vida: ivicama kapaka, vežnjači i rožnjači (4).

Preterane doze vidljivog zračenja dovode pre svega do kratkotrajnog zaslepljenja oka, što može imati negativne posledice na orijentaciju i rad bljesku izloženih osoba.

Kratki IC zraci prolaze kroz rožnjaču, jedan deo se apsorbuje u sočivu, a deo prodire do mrežnjače. Oni mogu dovesti do zaslepljenosti, pojave skotoma, fototraume i zamućenja sočiva, posebno zračenje od 1500 do 1000 nm oštećuje organ vida pri hroničnom i dugotrajnom dejstvu (5).

Kao posledica dejstva IC zračenja može nastati katarakta profesionalne etiologije, a u slučajevima fokusiranog zračenja (što je slučaj sa laserima) može da dodje do oštećenja mrežnjače. Katarakta se razvija polako, godinama, tako da je veoma teško od-

rediti doze i vreme ekspozicije koje ne oštećuju organ vida. Karakteristično za kataraktu izazvanu IC zračenjem je eksfolicija prednje kapsule sočiva (kao mali listić), dok su zadnji slojevi sočiva zamućeni (4).

3. Ispitivanja organa vida radnika izloženih dejstvu IC i UV zračenja

U Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu u Beogradu sistematski je pregledano 548 radnika (zavarivači, livci, topioničari i stakloduvači) u cilju da se utvrdi stanje organa vida kod radnika izloženih dejstvu IC i UV zračenja.

Zastupljenost oboljenja oragana vida je znatna tako 55% zavarivača, 30% livaca, 25% topioničara i 20% ložača imaju razne vrste profesionalnih oboljenja izazvanih pre svega dejstvom IC i UV zralenja. Od promena organa vida koje mogu biti izazvane UV zračenjem kod zavarivača najčešći je hronični konjuktivit. Dok je pterigijum zastupljen u mnogo manjem procentu kod zavarivača, nego u radnika izloženih IC zračenju. Što se tiče promena na očnom dnu, nisu zapažene nikakve bitne razlike kod radnika prikazanih zanimanja (6).

4. Umesto zaključka

Nejonizujuće zračenje, posebno delovi IC i UV zračenja izazivaju znatna oštećenja organa vida. Izvori nejonizujućeg zračenja su prisutni u mnogim industrijskim procesima (zavarivanje, livenje, duvanje stakla) kao i u laboratorijskim uslovima (laseri, blještalice). Za sada ne postoji pouzdano utvrdjena doza koja bi se propisala kao standard, iznad koje može doći do privremenog ili

nepovratnog oštećenja organa vida. Kao osnov za uspostavljanje dozimetrije kod nas pored korišćenja postojećih iskustava /na primer (7)/ neophodno je razviti radiometrijske metode i standarde za njihovo korišćenje (8) u pojedinim delovima optičkog spektra.

S.Savić,
M.M.Popović

Optical radiation harmful effects on the eye

Abstract

At first we give the basic division of the optical region of the spectrum of electromagnetic radiation. The influence and possible harmful effects on the eye induced by the radiation belonging to different parts of the optical spectrum have been described. We have examined sistematically 548 workers exposed to IR and UV radiation and we have found that 55% to 20% of workers (depending on the profession) suffer from deseasis caused by optical radiation. We propose farther investigation in order to establish and controll the harmful doses of the optical radiation.

REFERENCE:

1. SLINEY, D.H. in "Current problems and concerns of the Helath Physicist" Vol. 1, Ed. by P.D.MARKOVIĆ, str. 267, 1977, IBK, Beograd
2. HAMM, T.W., Ir. in "Current problems and concerns of the Healt Physicist" Vol. 1. Ed. by P.D.MARKOVIĆ, str. 267, 1977, IBK, Beograd.

3. JAENSCH, P.A. "Augenschädigungen in Industrie und Gewerbe", 2 Auflage, Wissenzchoftlishe Verlagsgesellschaft M.B.H. Stuttgart, 1958.

4. SAVIĆ S. "Profesionalna oftalmologija" st. 92, 1970, Institut za stručno usavršavanje zdravstvenih radnika, Beograd

5. JAENSCH, P.A. "Das Augenärztlishe Gutachten", Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1958.

6. SAVIĆ s., BRUSIN A. Osvrt na biološke efekte nejonizujućih zračenja na oko, IX Savetovanje jugoslovenskog komiteta za osvetljenje, Zbornik radova, str. 3, Zagreb, 1968.

7. SLINEY, D.H. isto kao (1) str. 321.

8. JANKOVIĆ S., POPOVIĆ M.M., Saopštenje na X simpozijumu Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja-Arandjelovac, 1979.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Mirjana Prokić

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

KARAKTERISTIKE TERMOLUMINESCENTNIH DOZIMETARA KOJI SE PROIZVODE U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ"-VINČA

Abstrakt- U radu su izneti rezultati programa razvoja termoluminescentnih dozimetara u Laboratoriji za zaštitu od zračenja, u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič u Vinči, za potrebe merenja doza zračenja u životnoj sredini i za potrebe lične dozimetrije. Razvijena su tri tipa TL dozimetara, $CaSO_4$:Dy/(Tm), MgB_4O_7:Dy/(Tm) i $Li_2B_4O_7$:Mn,Si. Osvajanjem originalne metode preparacije ovih TLD u obliku sinterovanih TL dozimetara dobijeni su kvalitetni dozimetri čije karakteristike pružaju sigurnu osnovu za njihovo uspešno korišćenje u različitim oblastima dozimetrije zračenja.

Dozimetrijske karakteristike termoluminescentnih dozimetara koji se proizvode u Institutu u Vinči visoko su ocenjene od strane više istaknutih stručnjaka i institucija u svetu.

1.Uvod

U toku poslednje decenije termoluminescentni dozimetri su, zahvaljujući svojim kvalitetnijim osobinama u odnosu na ostale tipove dozimetrijskih sistema čvrstog stanja (radiofotoluminescentni dozimetri, TSEE, OSEE sistem, itd.) prihvaćeni kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u različitim oblastima dozimetrije zračenja, u svim zemljama koje primenjuju nuklearnu energiju. Danas u svetu praktično ne postoji nuklearni centar, nuklearna elektrana ili zdravstveni centar u kojima se ne koriste termoluminescentni dozimetri. Naime, sve veća primena izvora zračenja uslovila je intenzivan razvoj novih, kao i poboljšanje postojećih dozimetrijskih sistema i metoda za što preciznije merenje doza zračenja. Posle pedesetih godina učinjen je značajan napre-

dak u nauci u smislu otkrivanja novih principa detekcije zračenja u oblasti dozimetrije čvrstog stanja, otkrića novim materijala i detektora, napredak u objašnjenju mehanizma efekata koji se odvijaju u ozračenim detekcionim sistemima, povećanje osetljivosti detektora, kao i razvoja pouzdane i osetljive instrumentacije (1). Na osnovu velikog broja eksperimenata, analiza i realnog sagledavanja prednosti i nedostataka postojećih integralnih dozimetrijskih sistema, došlo se do zaključka da je termoluminescentna dozimetrija najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u različitim oblastima dozimetrije zračenja (2), posebno u personalnoj dozimetriji kao i u oblasti radijacionog monitoringa u okolini nuklearno energetskih postrojenja kao i drugih izvora zračenja u životnoj sredini.

U toku poslednjih 6-7 godina učinjen je veliki napredak u oblasti termoluminescentne dozimetrije. TLD sistem se ekstenzivno razvijao u cilju korišćenja - na prvom mestu - u ličnoj i kliničkoj dozimetriji. Stalni porast interesovanja i istraživanja u oblasti termoluminescentne dozimetrije reflektovao se i u komercijalnoj proizvodnji više od deset tipova različitih TL dozimetara.

Istraživanja u oblasti TL dozimetrije u Laboratorcji za zaštitu od zračenja su imala za cilj razvoj takvih TL dozimetara koji bi omogućili njihovu primenu u različitim oblastima dozimetrije zračenja, od lične dozimetrije, do merenja doza zračenja u životnoj sredini (3). U Laboratoriji za zaštitu od zračenja u IBK u Vinči, postavljene su metode i osvojena tehnika za proizvodnju tri tipa termoluminescentnih dozimetara čije su dozimetrijske karakteristike iznete u ovom radu.

2. Karakteristike razvijenih TL dozimetara

Da bi bio korišćen kao dozimetar, TL materijal mora da ispunjava nekoliko zahteva: reproducibilnost i preciznost merenja doza zračenja sa TLD mora biti visoka, ne sme da bude osetljiv na dnevnu svetlost, pritisak, hemikalije, vlažnost vazduha, prašinu, itd.; emitovana termoluminescencija mora biti visoka, odnosno dozimetri bi trebalo da registruju ekspozicionu dozu zračenja od 1 mR ($2,58 \times 10^{-7}$ Ckg^{-1}) , a emisioni spektar termoluminescencije da se nalazi daleko od infracrvene oblasti. Najpogodnija temperatura na kojoj se pojavljuje pik TL krive isijavanja je izmedju 180°C i

280° C - jer je u ovom temperaturnom intervalu zanemarljiv fading, dok je za $T_{max} > 300^{o}$ C visoka emisija infracrvenog zračenja grejne podloge. Takodje je poželjno da kriva TL isijavanja ne sadrži više od jednog pika, da nije toksičan, itd. Iako je termoluminescencija vrlo rasprostranjen fenomen, i postoji veliki broj termoluminescentnih materijala, relativno mali broj ispunjava stroge zahteve za korišćenje kao termoluminescentni dozimetri. Najčešće korišćeni TLD su LiF, $Li_2B_4O_7$:Mn, $CaSO_4$:Dy/(Tm), CaF_2:Dy/(Tm), itd. Odabiranje najpogodnijeg tipa, odnosno tipova TLD zavisi od tehničkih i ekonomskih uslova neke zemlje, odnosno centra, pri čemu treba imati u vidu da svaki dozimetar sadrži najmanje dva TL dozimetra, dok je za kontrolu osoblja koje ima veći rizik od ozračivanja, poželjno da sadrži bar tri TL dozimetra.

U Laboratoriji za zaštitu od zračenja u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, razvijeni su sledeći termoluminescentni dozimetri: $CaSO_4$:Dy/(Tm), MgB_4O_7:Dy/(Tm) i $Li_2b_4O_7$:Mn,Si. Istraživanje i upoznavanje osnovnih fenomena i mehanizama procesa termoluminescencije u ovim materijalima omogućili su dobijanje TL dozimetara čije dozimetrijske karakteristike zadovoljavaju stroge zahteve personalne dozimetrije, kao i merenje doza zračenja u životnoj sredini.

TLD-$CaSO_4$:Dy/(Tm)

Termoluminescentni dozimetar na bazi $CaSO_4$:Dy/(Tm) je jedan od najosetljivijih TL dozimetara koji su danas poznati. Ovaj tip TL dozimetara se u svetu komercijalno proizvodi u Harshaw Chemie Co, USA. TLD-$CaSO_4$:Dy/Tm koji je razvijen u IBK omogućavaju detekciju doza zračenja od oko $2,58 \times 10^{-8}$ Ckg^{-1} (0,1 mR) i koja je za oko 60% viša od osetljivosti istog tipa TLD proizvodnje Harshaw Chemie Co. Ovaj tip TL dozimetara predstavlja jedan od najviše cenjenih TL dozimetara za primenu u različitim oblastima dozimetrije zračenja, a primenjuje se i kao sekundarni etalon za X i gama zračenje. Medjutim, u svetu nije bio rešen problem preparacije ovog TL dozimetra u čvrstom obliku u kome bi se zadržale sve osnovne karakteristike TL praha $CaSO_4$:Dy/(Tm). Poseban uspeh predstavljalo je rešenje ovoga problema, odnosno pronalaženje postupka - originalne metode za proizvodnju sinterovanih TL dozimetara na bazi $CaSO_4$:Dy/(Tm) koji su po svojim karakteristikama jedinstveni. Do danas je u svetu predloženo nekoliko rešenja za dobijanje TLD na bazi $CaSO_4$:Dy u čvrstom obliku, medjutim, ni jedan od njih ne zadr-

žava karakteristike i osetljivost osnovnog TL materijala i kao takav nije predstavljao definitivno rešenje. Primenom metode hladnog presovanja posebno pripremljenog (patent) TL materijala, posle sinterovanja dobijaju se mehanički otporne tablete - TL dozimetri. Odabiranje najpogodnijeg veziva koje bi preko presovanja i sinterovanja omogućilo dobijanje TL dozimetara istih karakteristika kao TL prah $CaSO_4$:Dy, predstavljalo je kompleksan problem. Ispitivanjem oko deset vrsta supstanci, neke od njih su CaCl, KCl, $Li_2B_4O_7$, $Mg(BO_3)_2$, vodeno staklo, CaB_4O_7, SiO_2, itd., konstatovano je da odredjene supstance utiču na intenziviranje niskotemperaturskih pikova (na pr. CaCl) dok druge supstance ne daju zadovoljavajuću osetljivost, stvaraju nove trapove - pikove na krivoj TL isijavanja, itd.

Sinterovani $CaSO_4$:Dy u kome vezivo ima ujedno ulogu koaktivatora, (uz Dy) povećavanjem osetljivosti osnovnog TL materijala, zadržava iste dozimetrijske karakteristike kao $CaSO_4$:Dy u obliku praha. Kriva TL isijavanja sinterovanih TLD-$CaSO_4$:Dy ima jedan "dozimetrijski" pik na 230-240° C (Slika 1). Fading, ili spontano opadanje intenziteta emitovane termoluminescencije u funkciji vremena koje je proteklo od ozračivanja TL dozimetara za ovaj tip TLD je izuzetno nisko i iznosi svega 1,5 % u toku prvog meseca posle ozračivanja i ukupno 5 % u toku 1 godine na temperaturi od 30 °C. Ovaj tip TLD ne zahteva posle očitavanja a pre ozračivanja, temperaturno tretiranje. Osetljivost sinterovanih TLD $CaSO_4$:Dy je, za istu masu TLD-100 (LiF) 25 puta osetljiviji (Slika 2). TLD-$CaSO_4$:Dy nije osetljiv na svetlost (dnevnu i veštačku), zaprljanost (veoma jednostavnim tretmanom - žarenjem u toku nekoliko minuta na 700 °C otklanja se nečistoća), zatim na uticaj povišenih temperatura, itd. Doze zračenja iznad 1 mrad (10^{-5} Gy) merene su sa standardnom devijacijom od ± 2,6 %.

TLD-$CaSO_4$:Dy predstavlja optimalni dozimetrijski sistem za merenje doza zračenja u životnoj sredini, u okolini NEP i drugih izvora zračenja, kao i u personalnoj dozimetriji (sa odgovarajućim energetskim filtrima) za odredjivanje doza gama zračenja energija viših od 200 KeV.

TLD-MgB_4O_7:Dy/(Tm)

Drugi tip TL dozimetara koji se proizvodi u Institutu u Vinči je TL materijal na bazi magnezijumborata. Ovaj materijal predstavlja po svom sastavu izuzetno pogodan TL dozimetar za kontrolu ozračenosti lica koja su profesionalno izložena zračenju. Za personalnu dozimetriju najpogodniji su oni materijali čiji je efektivni atomski broj za fotoelektričnu apsorpciju približno tkivno ili vazduhu ekvivalentan. Prvi materijal koji je u svetu korišćen za ličnu dozimetriju je LiF sa Z_{eff} = 7,65 sa kompleksnom krivom isijavanja i sa isto tako specijalnim termičkim tretiranjem pre svakog ozračivanja. U Laboratoriji za zaštitu od zračenja je razvijen TLD-MgB_4O_7:Dy čiji je efektivni atomski broj $Z_{eff} = Z_{eff}$(LiF) (Slika3), u obliku sinterovanih TL dozimetara. Sinterovanje sa nekoliko procenata materijala koji ima ulogu senzibilizatora emisije osnovnog aktivatora, daje kao rezultat mehanički otporne TLD sa osetljivošću koja je pet puta viša od osetljivosti LiF - merene na aparaturi sa optičkim filtrom koji odgovara talasnoj dužini emitovane termoluminescencije LiF; sa uklonjenim optičkim filtrom, osetljivost MgB_4O_7:Dy se povećava još četiri puta (5). Posebna karakteristika ovih TLD jeste postojanje samo jednog pika na krivoj (Slika 4) TL isijavanja, na oko 200 ^oC. Ovaj TLD ne zahteva temperaturno tretiranje pre ponovnog ozračivanja posle očitavanja - za razliku od LiF koji zahteva relativno kompleksan temperaturni tretman pre ozračivanja. Fading, ili opadanje TL u funkciji vremena koje je proteklo od ozračivanja do očitavanja TLD, iznosi 10 % za prvih 60 dana. Dozimetri nisu osetljivi na svetlost, kako na veštačku, tako i na prirodnu. Doze zračenja iznad 5 mrad(5×10^{-7} Gy) merene su sa standardnom devijacijom od 3 %. Za merenje doza zračenja u personalnoj dozimetriji masa TLD-MgB_4O_7:Dy iznosi 15 mg. Dozimetrijske karakteristike MgB_4O_7:Dy ukazuju da je ovaj TLD kvalitetna alternativa za LiF u ličnoj dozimetriji.

MgB_4O_7:Dy,C

Za merenje doza od beta zračenja nižih energija - čiji je domet manji od debljine dozimetra, razvijen je specijalan tip TL dozimetra na bazi magnezijumborata sinterovanog sa 4 % grafita.

žava karakteristike i osetljivost osnovnog TL materijala i kao takav nije predstavljao definitivno rešenje. Primenom metode hladnog presovanja posebno pripremljenog (patent) TL materijala, posle sinterovanja dobijaju se mehanički otporne tablete - TL dozimetri. Odabiranje najpogodnijeg veziva koje bi preko presovanja i sinterovanja omogućilo dobijanje TL dozimetara istih karakteristika kao TL prah $CaSO_4$:Dy, predstavljalo je kompleksan problem. Ispitivanjem oko deset vrsta supstanci, neke od njih su CaCl, KCl, $Li_2B_4O_7$, $Mg(BO_3)_2$, vodeno staklo, CaB_4O_7, SiO_2, itd., konstatovano je da odredjene supstance utiču na intenziviranje niskotemperaturskih pikova (na pr. CaCl) dok druge supstance ne daju zadovoljavajuću osetljivost, stvaraju nove trapove - pikove na krivoj TL isijavanja, itd.

Sinterovani $CaSO_4$:Dy u kome vezivo ima ujedno ulogu koaktivatora, (uz Dy) povećavanjem osetljivosti osnovnog TL materijala, zadržava iste dozimetrijske karakteristike kao $CaSO_4$:Dy u obliku praha. Kriva TL isijavanja sinterovanih TLD-$CaSO_4$:Dy ima jedan "dozimetrijski" pik na 230-240° C (Slika 1). Fading, ili spontano opadanje intenziteta emitovane termoluminescencije u funkciji vremena koje je proteklo od ozračivanja TL dozimetara za ovaj tip TLD je izuzetno nisko i iznosi svega 1,5 % u toku prvog meseca posle ozračivanja i ukupno 5 % u toku 1 godine na temperaturi od 30 °C. Ovaj tip TLD ne zahteva posle očitavanja a pre ozračivanja, temperaturno tretiranje. Osetljivost sinterovanih TLD $CaSO_4$:Dy je, za istu masu TLD-100 (LiF) 25 puta osetljiviji (Slika 2). TLD-$CaSO_4$:Dy nije osetljiv na svetlost (dnevnu i veštačku), zaprljanost (veoma jednostavnim tretmanom - žarenjem u toku nekoliko minuta na 700 °C otklanja se nečistoća), zatim na uticaj povišenih temperatura, itd. Doze zračenja iznad 1 mrad (10^{-5} Gy) merene su sa standardnom devijacijom od ± 2,6 %.

TLD-$CaSO_4$:Dy predstavlja optimalni dozimetrijski sistem za merenje doza zračenja u životnoj sredini, u okolini NEP i drugih izvora zračenja, kao i u personalnoj dozimetriji (sa odgovarajućim energetskim filtrima) za odredjivanje doza gama zračenja energija viših od 200 KeV.

TLD-MgB_4O_7:Dy/(Tm)

Drugi tip TL dozimetara koji se proizvodi u Institutu u Vinči je TL materijal na bazi magnezijumborata. Ovaj materijal predstavlja po svom sastavu izuzetno pogodan TL dozimetar za kontrolu ozračenosti lica koja su profesionalno izložena zračenju. Za personalnu dozimetriju najpogodniji su oni materijali čiji je efektivni atomski broj za fotoelektričnu apsorpciju približno tkivno ili vazduhu ekvivalentan. Prvi materijal koji je u svetu korišćen za ličnu dozimetriju je LiF sa Z_{eff} = 7,65 sa kompleksnom krivom isijavanja i sa isto tako specijalnim termičkim tretiranjem pre svakog ozračivanja. U Laboratoriji za zaštitu od zračenja je razvijen TLD-MgB_4O_7:Dy čiji je efektivni atomski broj $Z_{eff} = Z_{eff}$(LiF) (Slika3), u obliku sinterovanih TL dozimetara. Sinterovanje sa nekoliko procenata materijala koji ima ulogu senzibilizatora emisije osnovnog aktivatora, daje kao rezultat mehanički otporne TLD sa osetljivošću koja je pet puta viša od osetljivosti LiF - mereno na aparaturi sa optičkim filtrom koji odgovara talasnoj dužini emitovane termoluminescencije LiF; sa uklonjenim optičkim filtrom, osetljivost MgB_4O_7:Dy se povećava još četiri puta (5). Posebna karakteristika ovih TLD jeste postojanje samo jednog pika na krivoj (Slika 4) TL isijavanja, na oko 200 °C. Ovaj TLD ne zahteva temperaturno tretiranje pre ponovnog ozračivanja posle očitavanja - za razliku od LiF koji zahteva relativno kompleksan temperaturni tretman pre ozračivanja. Fading, ili opadanje TL u funkciji vremena koje je proteklo od ozračivanja do očitavanja TLD, iznosi 10 % za prvih 60 dana. Dozimetri nisu osetljivi na svetlost, kako na veštačku, tako i na prirodnu. Doze zračenja iznad 5 mrad(5×10^{-7} Gy) merene su sa standardnom devijacijom od 3 %. Za merenje doza zračenja u personalnoj dozimetriji masa TLD-MgB_4O_7:Dy iznosi 15 mg. Dozimetrijske karakteristike MgB_4O_7:Dy ukazuju da je ovaj TLD kvalitetna alternativa za LiF u ličnoj dozimetriji.

MgB_4O_7:Dy,C

Za merenje doza od beta zračenja nižih energija - čiji je domet manji od debljine dozimetra, razvijen je specijalan tip TL dozimetra na bazi magnezijumborata sinterovanog sa 4 % grafita.

Ovaj tip TL dozimetra omogučava merenje beta zračenja niskih energija i bazira na efektu reduciranja optičke transparencije usled prisutnog grafita koji ima funkciju svetlosnog apsorbera (6). Adekvatni efekat se dobija preparacijom TL dozimetara debljine manje od 100 μm, što medjutim, predstavlja svojevrstan problem, s obzirom da se uz neophodan uslov preparacije homogenih slojeva TL materijala zahteva i mehanička otpornost takvih TL dozimetara. Naime, samo tanak sloj od nekoliko desetina mikrona sa površinskog sloja ovog TLD, emituje svetlost - termoluminescenciju, a s obzirom da je ovaj sloj dovoljno male debljine, moguća je detekcija doza beta zračenja za E_{beta} = 155 KeV (C-14) sa osetljivošću koja je svega oko 2,5 puta niža od osetljivosti za $\bar{E}_{beta}$= 930 KeV (^{90}Sr-^{90}Y). Kriva TL isijavanja ne menja svoj oblik sa dodavanjem grafita.

U kontroli osoblja koje je profesionalno izloženo dozama mešovitog gama i neutronskog zračenja, TLD na bazi magnezijumborata pokazuje zanemarljivo povećanje vrednosti doze gama zračenja; preparacijom TLD na bazi magnezijumborata sa izotopom B-11 dobijaju se, za merenje doza gama zračenja u uslovima sa visokim vrednostima fluensa termalnih neutrona, TLD neosetljivi na termalne neutrone.

TLD-$Li_2B_4O_7$:Mn,Si

Ovaj TLD materijal je do nedavno, pored LiF, predstavljao jedini TLD koji je zbog svoje apsolutne tkivne ekvivalentnosti bio pogodan za korišćenje u ličnoj dozimetriji (7), posebno u radijacionim poljima niskih energija i velikog doprinosa od rasejanog zračenja. U Laboratoriji za zaštitu od zračenja ovaj tip TLD je razvijen u dva osnovna oblika: kao sinterovani TLD,i u obliku tzv. termoluminescentnih stakala visoke mehaničke otpornosti sečenih u pločice različitih dimenzija. Osetljivost ovoga tipa TLD je nivoa koji je uobičajen za TLD na bazi litijumborata i koja iznosi 1/3 od osetljivosti LiF za isti tip fotomultiplikatora (sa maksimumom osetljivosti u plavoj oblasti optičkog spektra, katoda tipa S-11); sa fotomultiplikatorom sa katodom tipa S-20 čiji je maksimum osetljivosti pomeren ka višim talasnim dužinama, osetljivost TLD-$Li_2B_4O_7$Mn,Si je jednaka osetljivosti za LiF (Slika 5).

Sastav ovoga TLD, usled prisutnih atoma Li i B omogućava merenje doza zračenja od termalnih neutrona, kao i brzih neut-

rona konstrukcijom tzv. "albedo" dozimetara (1). Korišćenjem izotopa Li-6 pri preparaciji ovoga TLD, dobija se TLD čija je osetljivost na termalne neutrone vrlo visoka i ekvivalentna osetljivosti TLD-600 (^{6}LiF).

3. Diskusija

Postavkom metode i osvajanjem tehnike preparacije sinterovanih termoluminescentnih dozimetara omogućena je proizvodnja velikog broja TL dozimetara. To je i omogućilo da Institut "Boris Kidrič" u Vinči bude prva institucija u našoj zemlji koja je uvela termoluminescentne dozimetre sopstvene proizvodnje u ličnu dozimetrijsku kontrolu, u skladu sa mogućnostima koje pruža Zakon o zaštiti od jonizujućeg zračenja. U toku perioda januar 1978. - april 1979. godine, očitano je oko 8000 komada TL dozimetara. Povećanje broja lica koja se kontrolišu pomoću TL dozimetara, odnosno kompletna zamena film sa termoluminescentnim dozimetrima, izvršiće se u toku ove godine uvodjenjem automatizivanog procesa Očitavanja TL dozimetara. Rezultati lične dozimetrijske kontrole pomoću TL dozimetara predstavljaju podatke sa, do danas najtačnije izmerenim vrednostima doza zračenja koje su primila lica profesionalno izložena zračenju, i koje, na medicinskom i zakonodavnom planu predstavljaju sigurne parametre za preduzimanje akcija, odnosno donošenje propisa i beneficija za lica profesionalno izložena dejstvu zračenja.

Poredjenje i provera kvaliteta TLD razvijenih u IBK izvršena je u više medjunarodnih komparacija, odnosno u okviru tri medjunarodne interkomparacije dozimetrijskih sistema za merenje niskih doza zračenja u organizaciji (International Intercomparison of Environmental Dosimeters) University of Texas, School of Public Health and Safety Laboratory, New York, USA (8). Rezultati su potvrdili kvalitet razvijenih TL dozimetara kao i obrade rezultata merenja emitovane termoluminescencije. Ujedno, rezultati ovih Interkomparacija su pokazali da $CaSO_4$:Dy optimalno ispunjava zahteve za kontinualnu kontrolu nivoa doza zračenja u sklopu sistema za radijacioni monitoring okoline (9).

Ispitivanje karakteristika TLD razvijenih u Institutu u Vinči izvršili su stručnjaci iz Institut Fizyki Jadrowej, Krakow

Poljska. Kvalitet ispitivanih dozimetara je visoko ocenjen i preporučen za korišćenje u različitim oblastima dozimetrije zračenja (5). Termoluminescentni dozimetri proizvedeni u Institutu u Vinči će se koristiti za specijalna dozimetrojska merenja u IFJ, Krakow.

Ispitivanje karakteristika ovih TL dozimetara izvršeno je takodje i u nekoliko institucija u Velikoj Britaniji (NRPB Harwell, AEE Winfrith, kao i u Pitman Instruments Ltd.). Na osnovu rezultata ispitivanja (10), u toku su pregovori za isporuku TL dozimetara proizvedenih u Institutu u Vinči u nekoliko centara u Velikoj Britaniji.

Najzad, Savetovanje o metodama u ličnoj dozimetriji (N. Sad, 9-10.11.1978.) je u okviru zaključaka dalo preporuku da se u skladu sa mogućnostima, u našoj zemlji izvrši zamena film dozimetara sa termoluminescentnim dozimetrima. Takodje je preporučeno da se u našoj zemlji koriste termoluminescentni dozimetri koji se proizvode u Institutu u Vinči.

4. Zaključak

U okviru rada na problemu razvoja termoluminescentnih dozimetara u Institutu "Boris Kidrič",Vinča, postignuti su sledeći rezultati:

- Rešen je problem koji je u svetskim razmerama bio definisan kao problem: dobijanje termoluminescentnih dozimetara na bazi $CaSO_4$:Dy u čvrstom obliku pri čemu se ne menjaju osnovne dozimetrijske karakteristike ovog TL materijala;

- Razvijen je termoluminescentni dozimetar na bazi magnezijumborata sa karakteristikama koje odgovaraju zahtevima lične dozimetrije, i koji kao takav predstavlja alternativu za LiF, sa osetljivošću koja je za red veličine viša od osetljivosti LiF.

Posedovanje sopstvenih TLD čiji je kvalitet potvrdjen od strane cenjenih stručnjaka i institucija u svetu, predstavlja sigurnu osnovu za preorijentaciju na termoluminescentnu dozimetriju u oblasti lične dozimetrijske kontrole u našoj zemlji.

Abstract

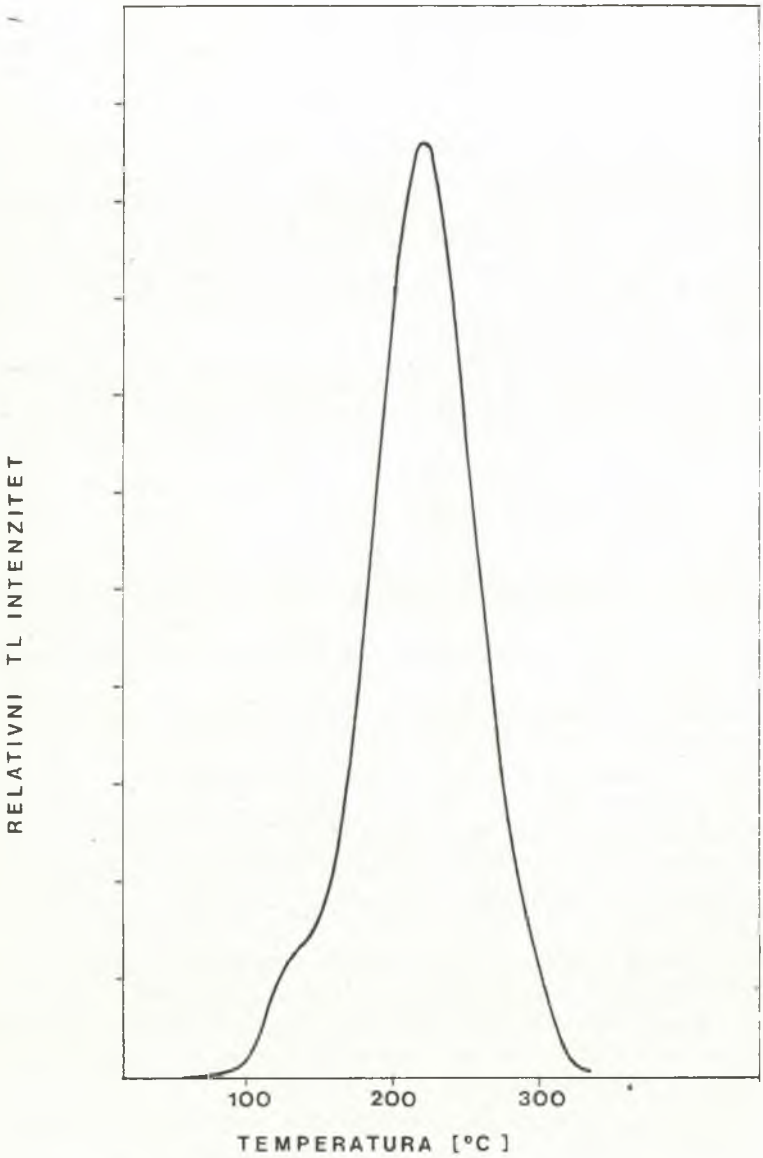
DOSIMETRIC CARACTERISTICS OF THERMOLUMINESCENT DOSIMETERS PRODUCED AT INSTITUTE BORIS KIDRIČ - VINČA

This paper describes the results of the program of developing thermoluminescent dosimeters in the Radiation Protection Laboratory, at Boris Kidrič Institute, Vinča, for the environmental and personnel monitoring purposes.

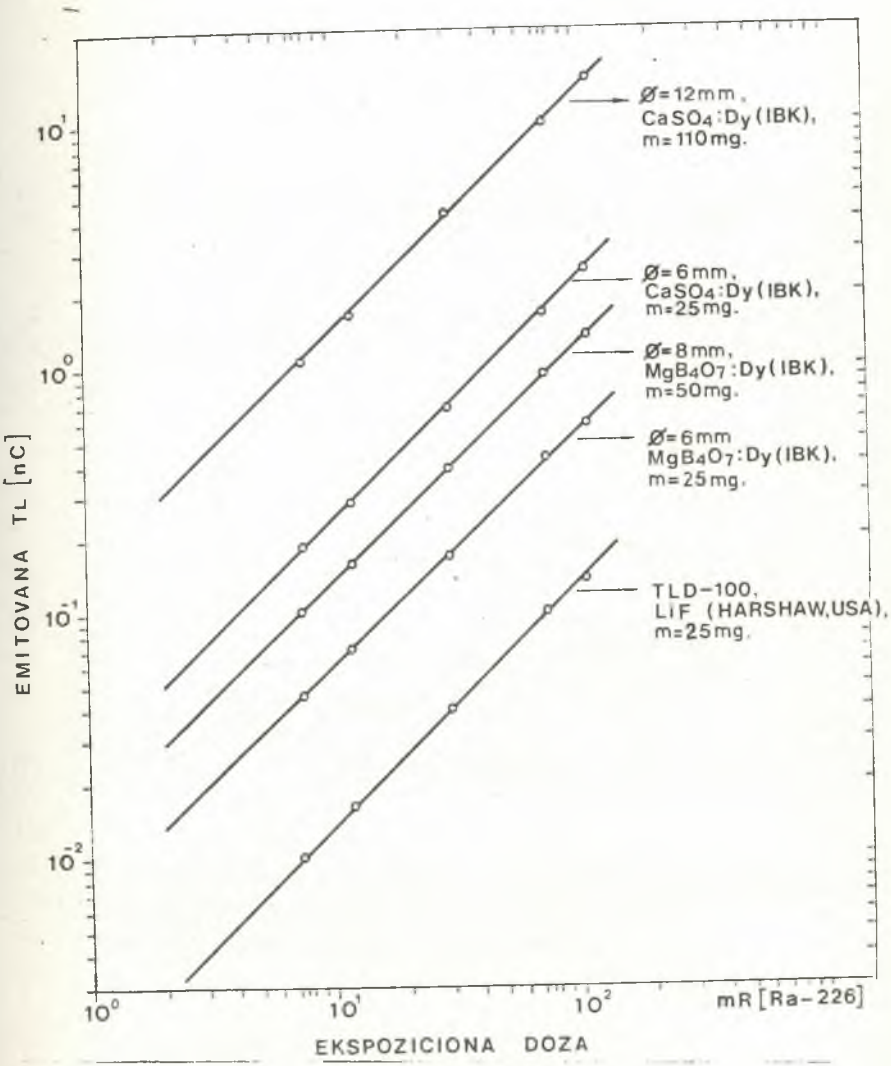
Three types of TLD have been developed, $CaSO_4$:Dy/(Tm), MgB_4O_7:Dy/(Tm) and $Li_2B_4O_7$:Mn,Si. By postulating the original method of TLD preparation in form of synthered dosimeters, we obtained qualitative TLD which enables their use in different fields of radiation dosimetry.

Literatura

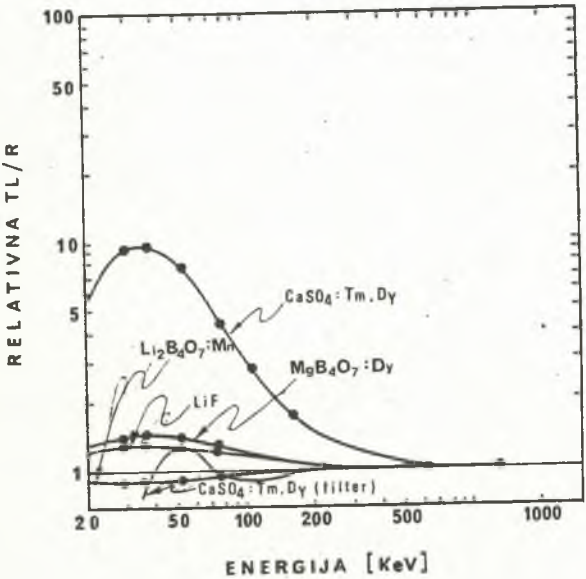
1. Becker K. , Solid State Dosimetry, CRC Press, Cleveland, Ohio, 1973.
2. Becker K., First Asian Congress on Radiation Protection, Bombay, Dec. 16-20, 1974.
3. Prokić M. Doktorska disertacija, Elektrotehnički Fakultet, Beograd 1976.
4. Prokič M., Nucl. Instr. Meth., 151, 603-608,1978.
5. Niewiadomski T.,Ryba E, Prokić M., Komparacija TL dozimetara i TL čitača, Vinča 10-17 mart 1979.
6. Koczyński M., Wolska-Witer M., Bøtter-Jensen L., Christensen P.,4th Conference on Luminescence Dosimetry, Krakow,Ed. T. Niewiadomski, p.641, 1974.
7. Christensen, P.,Second International Conference on Luminescence Dosimetry, Gatlinburg, Tennessee, USA, p. 90, 1968.
8. De Planque Burke G., Gessel T.F.,, Becker K., 5th International Conference on Luminescence Dosimetry, Sao Paolo, p. 365, 1977.
9. Prokić M., Elektroprivreda N°11-12, 1978.
10. Stewart C, Results of TLD-IBK dosimeter test, January 1979 (internal report).



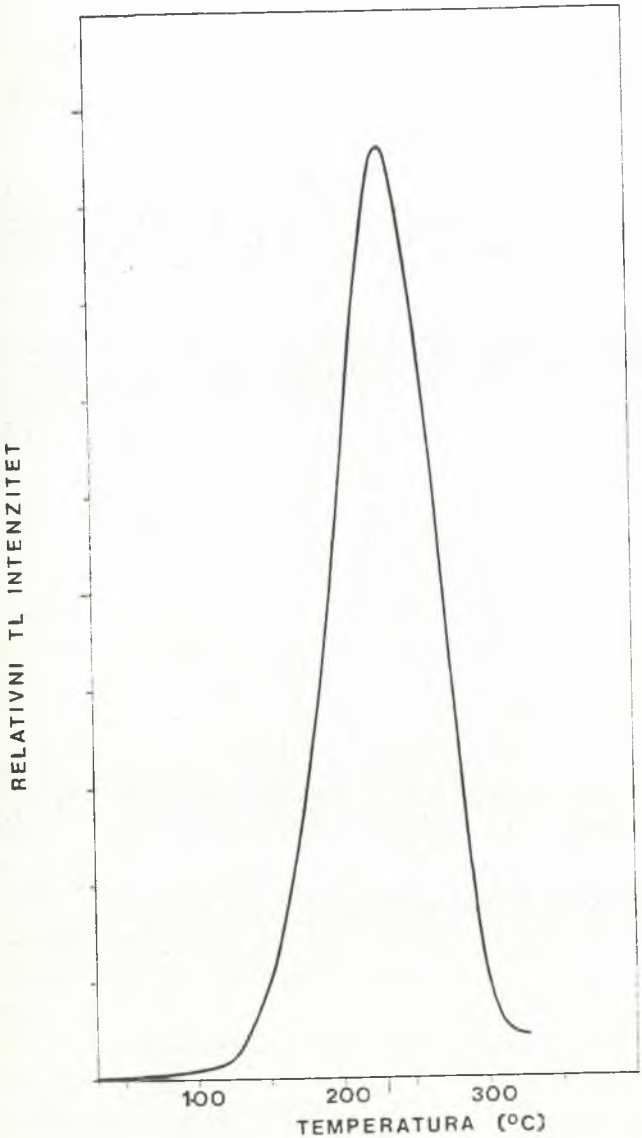
Slika 1. Intenzitet emitovane termoluminescencije za TLD-$CaSO_4$:Dy



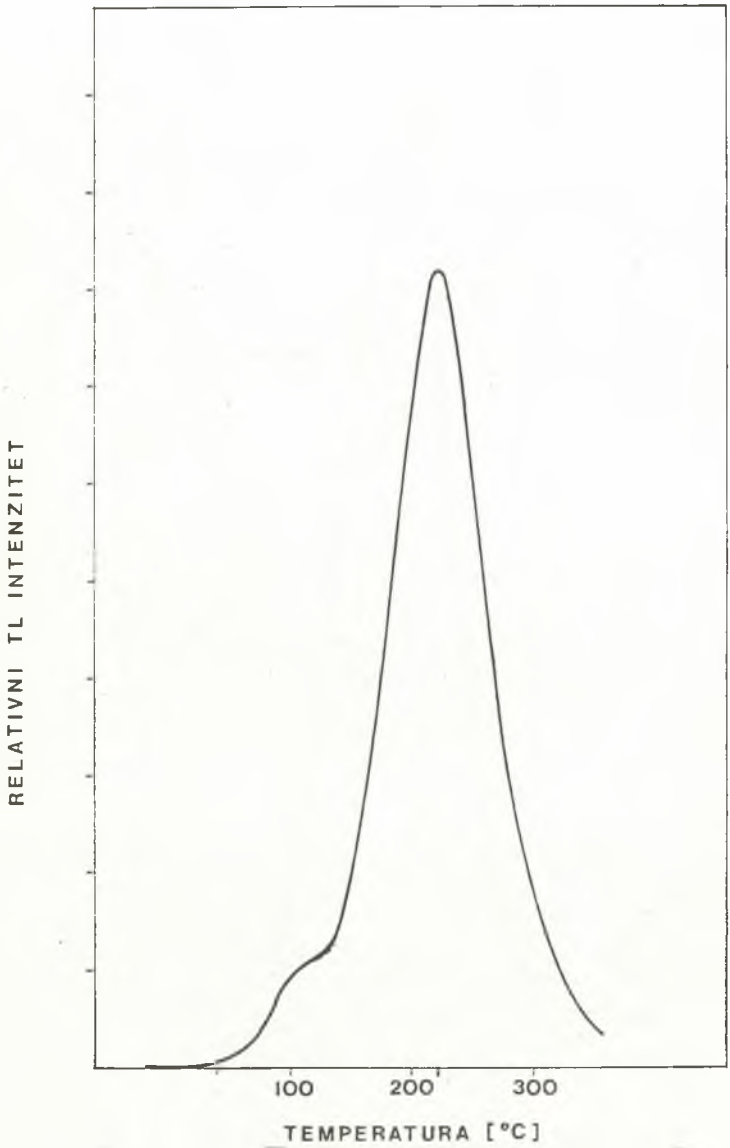
Slika 2. Emitovana termoluminescencija u funkciji ekspozicionih doza gama zračenja Ra-226 za TLD koji se proizvode u IBK, Vinča.



Slika 3.Relativna TL emisija po rentgenu u funkciji energije zračenja, normalizovana na jedinicu za zračenje Co-60 energije 1,25 Mev, za $CaSO_4$:Dy/Tm, MgB_4O_7:Dy/(Tm), $Li_2B_4O_7$:Mn,Si



Slika 4. Intenzitet emitovane termoluminescencije za TLD-$M_5B_4O_7$:Dy



Slika 5. Intenzitet emitovane termoluminescencije za TLD-$Li_2B_4O_7$:Mn,Si

X simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja - Aranđelovac, 29, 30, 31. V. i 1.VI 1979.

TALIJANČIĆ B.

VRIJEDNOST OSOBNE FILM-DOZIMETRIJE U ZAŠTITI OSOBLJA NA RADU U MEDICINSKOJ PRIMJENI JONIZANTNOG ZRAČENJA

Kratki sadržaj

Želeći provjeriti podatke pravilnog očitavanja primljenih doza zračenja, koja se registriraju na osobnim film-dozimetrima, izložili smo gama zrakama /137 Cs/ filmove osoblja, koje radi u zoni jonizantnog zračenja u Centru za onkologiju i radioterapiju Split, a koji su tokom siječnja ove godine bili na bolovanju i godišnjem odmoru, te dali na četrnaest film-dozimetara doze od 80 do 450 mR, očekujući da će se vrijednosti nakon stručnog očitavanja u Ustanovi zaduženoj za film dozimetriju u SRH podudarati sa datim dozama u Centru uz toleranciju greške plus-minus 10%. Medutim, rezultat očitavanja bio je negativan; naime za sve očitane dozimetre - ukupno 27 komada, izvještaj je glasio - ispod 50 mR.

Pošto čitav niz godina među osobljem, koje radi u zoni jonizantnog zračenja, kruže glasine kako film-dozimetri nisu vjerodostojni pokazatelji primljenih doza osoblja, koje je pri svakodnevnom radu izloženo zračenju, u siječnju ove godine na stručnom sastanku Centra za onkologiju i radioterapiju , odlučili smo da izvršimo internu pokusnu kontrolu film-dozimetara. Budući da smo u to vrijeme imali dosta veliki broj medicinskog osoblja, koje podpada pod film-dozimetrijsku kontrolu, na bolovanju i godišnjem odmoru, upotrebili smo njihove neozračene filmove i zatražili od radiološkog fizičara Centra da ih ozrači i pošalje redovnim putem sa ostalim filmovima na redovno očitavanje u Ustanovu zaduženu za film-dozimetriju u Zagrebu.

Nama, koji radimo sa izvorima jonizantnog zračenja poznato je što je film-dozimetar i na kojem principu pokaziva dozu zračenja . Medutim, ne mali je broj laika, pa i medicinskog osoblja visoke naobrazbe, kojim je radiologija strana struka medicine i koji omalovažavaju opasni učinak jonizacije, te smatraju da je film-dozimetar: znak neke posebne pripadnosti ili amajlija sreće protiv zračenja .[1]

Zakon o zaštiti od zračenja /Službeni list SFRJ 27/77 / obavezuje nošenje

dozimetara sve osobe, koje su na svojim radnim mjestima izložene jonizantnom zračenju. O tome na kojem mjestu treba nositi film-dozimetar: da li pod pregaćom ili iznad olovne pregaće, [2] nakon ispitivanja Republički sanitarni inspektor SRH predlaže kao najprikladnije nošenje film-dozimetra na ovratniku iznad zaštitne pregače. Uz prednosti film-dozimetra: što omogućava mjerenje zračenja osoba izloženih radijaciji - služi kao dokazni materijal pravnog karaktera i dokumenat trajne vrijednosti - za statističke podatke - malenih je dimenzija i lagan, on ima i niz nedostataka, a najbitniji su svakako da o prekoračenoj maksimalno dopuštenoj dozi zračenjasaznaje se kasno : tek nakon razvijanja filma- jednom mjesečno! Sam film je ovisan o energijama zračenja: energije ispod 30 KV loše ili nikako ne registrira. "Kodak RM" film , koji se najčešće upotrebljava u te svrhe omogućava mjerenje doza X-zračenja većih od 10 mR i doze gama zračenja većih od 50 mR.

Naš pokus

Izložili smo 14 film-dozimetara gama emiterima ^{137}Cs i na svaki pojedini film dali-dozu veću od 50 mR. Filmovi su bili naše proizvodnje "Foto-kemika". U slijedećoj tabeli vide se točno date ekspozicione vrijednosti svakog pojedinog filma od njih 14 po registarskim brojevima, ali bez imena. Filmovi su bili izloženi kontinuiranom zračenju, a brzina doze bila je 25 mR na sat. Udaljenost od izvora bila je kao kod uobičajenog manipuliranja sa radioaktivitetima pri medicinskim aplikacijama radioizotopa, tako da smo simulirali rad zadužene osobe za aplikacije ili asistenta pri tom radu. Mjerenja su vršena matematički, a provjeravana su jonizacionom komoricom "Victoreen" dozimetra. Nakon mjesec dana stigao je "Izvještaj o primljenim dozama jonizantnog zračenja za I kontrolni interaval, od 3.I do 5. II 1979.". Rezultati su bili više nego porazni : ni jedan od 27 poslanih filmova na službeno očitavanje, a među njima su bili i onih 14 ozračenih - jedan čak sa prekoračenom dozom od 450 mR, nije registriran kao ozračen, jer su svi bili i s p o d 5 0 m R .

Mislim da o ovome ne treba komentara !? Orginalna službena lista i fotokopije"Izvještaja o primljenim dozama jonizantnog zračenja, Opća bolnica, Centar za tumoreSplit" nalaze se kod autora ovog referata, odnosno radiološkog fizičara Centra.

TAB. br. 1.

KOMPARIRANE VRIJEDNOSTI OČITANIH VRIJEDNOSTI FILM - DOZIMETARA

Broj filma	Ime i prezime	Vrsta izvora	Doza u mR	Doza ozračenja data od autora
002001	?	Ra, Cs, Co	manje od 50	180 mR
002	"	" " "	" " "	330 mR
004	"	" " "	" " "	80 mR
005	"	" " "	" " "	280 "
008	"	" " "	" " "	450 "
009	"	" " "	" " "	270 "
010	"	" " "	" " "	80 "
011	"	" " "	" " "	80 "
014	"	" " "	" " "	280 "
016	"	" " "	" " "	180 "
021	"	" " "	" " "	280 "
022	"	" " "	" " "	120 "
026	"	" " "	" " "	240 "
028	"	" " "	" " "	180 "

Ovako porazni rezultati navode nas na razmišljanje da se zapitamo kolika je onda bila stvarna doza primjene radijacije kod stanovitog broja zdravstvenog osoblja, koje je pod film-dozimetrijskom kontrolom, a među kojima se nalazi i referent ovog izvještaja, kada je u nekoliko navrata bila utvrđena prekoračena maksimalno dopuštena doza: 600, 800, 1500, pa čak 2000 mR !??

Ostaje nam jedino da na koncu ovog kratkog izlaganja zaključimo slijedeće:
- ili filmovi ne vrijede - ili nisu uopće očitani - ili možda moćni gama emiter ^{137}Cs ne zrači ???

Summary

THE VALUE OF THE PERSONAL FILM-BADGE MONITORING IN THE PROTECTION OF THE PERSONS ON WORK WITH MEDICAL USE OF IONIZING RADIATION

In oreder to conifirm the quality of on irradiation doses registered on film-badge dosemeters, the author exposed to gama - rays ^{137}Cs the film-badges beloniging to the staff of Split's Center for oncology and radiotherapy that was sick or on leave. Fourteen films were thus irradiated with doses from 80 - 450 mR and we expected that doses read by professionals in sharge for film-monitoring in SRH, were going to correspond to the given ones up 10%. The results of the film-reading were however negative for all the film-badges, 27 in all; in the report was said - under 50 mR for all.

LITERATURA:

1. V. Šaler: Film-dozimetrijska kontrola radioloških tehničara. "Vjesnik radioloških tehničara" br. 3/79. str. 3. Zagreb
2. The British Journal of Radiology: "Where should a film badge be worn" Vol. 50, N° 599, str. 840, 1977.
3. I. Mirić, P. Mirić, D. Veličković: Rezultati lične dozimetrijske kontrole pomoću film-dozimetara. Zbornik radova IX. Simpozija Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 1977., str. 23.

X simpozijum na Jugoslovenskoto društvo za zaštita od zračenje
Arandjelovac,29,30,31.V. i 1.VI.1979

POPOVSKI SLOBODAN,dipl.fiz.
Zavod za preventivno-medicinska zaštita-Skopje

OZRAČUVANJE NA NASELENIETO PRI RENTGEN-DIAGNOSTIKATA
-Pacientna koskenomozgova doza-

Vo ova izlaganje se dava osvrt na ozračuvanjeto na naselenieto pri rentgen diagnostikata i možnata pojava na stohastički efekti na krvotvornite organi.

Se poširokata upotreba na rentgenot kako sredstvo za diagnosticiranje može da ima za posledica oštetuvanje na koskeniot mozok kako rezultat na zgolemenoto ozračuvanje so što se nanesuva šteta ne samo na pacientot,tuku može da se kaže deka vlijae i na sostojbata na zdravjeto na celoto naselenie. Neophodnosta od procena na koskenomozgovite dozi e obuslovena od faktot što koskeniot mozok sodrži krvotvorni kletki,koi mutirat pod dejstvo na radiaciite i možat da izazovat leukemija.

Koskeniot mozok neramnomerno e raspredelen vo organizmot što može da se vidi od TAB.1,a što se zima vo predvid pri presmetnuvanjeto na koskenomozgovite dozi.Isto taka se pretpostavuva,što ozračuvanjeto na eden deseti del od koskeniot mozok proizveduva ist efekt,kako i ozračuvanjeto na celiot kosken mozok so deset pati pomali dozi.Ova ovozmožuva da se primeni sredna doza na ozračuvanje na koskeniot mozok za poedinec od naselenieto,vo vrednost na pacientna doza,dobiena od pacientite i personalot koj raboti so rentgenski zraci.

Srednata koskenomozgova doza se presmetnuva po formulata:

$$D_{skm} = \sum \frac{D_{kmi}}{N}$$, kade

T A B E L A 1.

RASPORED NA KOSKENIOT MOZOK VO SKELETOT NA VOZRASEN COVEK

Del od teloto	Koska	Sodržina na koskeniot mozok		Sodržina na aktivniot kosken mozok	
		vkupno, grama	aktiven del	grama	% od opštata sodržina
Glava	Čerep, celokupnata čeljust	182	0,75	140	13
Plekite, pojas na ramenjata	Lopatki, ključnite koski, zglobovite na ram.koski	116	0,75	85	8
Gradi	Gradna koska, rebra I-XII	39	0,6	25	2,5
	I-XII	207	0,4	85	8
Kičma	Vratni prešleni	47	0,75	35	3,5
	Pojasni prešleni	152	0,75	115	11
Kičma	Gradni prešleni	197	0,75	150	14
	Krstot	194	0,75	150	14
Karličen pojas	Karlični koski, trtnik, zglob. na bedrenite koski.	364	0,75	270	26
V K U P N O		1498	-	1055	100%

D_{skm} -sredna koskenomozgova doza na eden žitel.
D_{kmi} -individualna koskenomozgova doza sozdadena od izvori na vidot -i.
N - broj na žiteli.

Individualnata koskenomozgova doza se presmetnuva po formulata:

$$D_{kmi} = \sum \frac{D_e \cdot m_e}{M}$$, kade

D_e i m_e - doza i masa na ozračeni delovi na koskeniot mozpk,
M - opšta masa na koskeniot mozok.

METOD NA RABOTA

Procenata i presmetnuvanjeto e vršeno na osnovu podatocite za porošenite rentgen filmovi i brojot na snimkite na poedini-delovi od teloto na reprezentativniot primerok za 1971 god./2,3/, pri što ne se opfateni filmovite od specijalističkite zdravstveni ustanovi,rabotni organizacii i filmovi od fluorografski ispituvanja.

Postojat golem broj na poteškotii pri koi se naiduva pri presmetnuvanjeto na srednite koskenomozgovi dozi,pri različiti uslovija na ozračuvanje na pacientot i pri različiti intervencii. Vo ovoj slučaj e koristena formulata Malnord za opredeluvanje na opštointegralnata apsorbovana doza: /11/

$$D_{int} = 1,44 \cdot 10^{-3} \cdot D_1 \cdot S \cdot \Delta_{1/2} \cdot f \cdot \left(1 + \frac{2,88 \cdot \Delta_{1/2}}{R} \right)$$

D_{int}- integralna apsorbovana doza, kg . rad:
D_1 - vlezna ekspoziciona doza,rentgen:
S - dimenzii na ozračenoto pole, cm^2 :
f - koeficient na pretvoruvanjeto na rentgenite vo radi :
$\Delta_{1/2}$ - sloj na poludeblina, sm :
R - rastojanie izvor-koža, cm.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultatite se prikažani vo TAB 2.Od tabelata se vidi da srednite koskenomozgovi dozi pri različiti intervencii vo mnogu se razli-

T A B E L A 2.

GODIŠNA SREDNA KOSKENOMOZGOVA DOZA NA EDEN ŽITEL PRESMETANA ZA OZRAČUVANJE PRI RENTGENOGRAFIJA

Vid ili oblast na ispituvanje	Broj snimki na 1000 žiteli	Godišna sredna koskenomozgova doza na žitel, mrad.
Kuk	14,65	2,25
Pelvis	4,18	0,65
Lumbosakralna kičma	49,25	19,71
Urografija	4,35	1,80
IVP	17,40	6,02
Želudec i duodenum	21,95	15,15
Dolen digestiven trakt	3,75	1,36
Abdomen	24,49	8,89
Holecistografija	38,95	7,03
Glava	62,57	1,82
Torakalna kičma	6,66	1,98
Gradni koš	32,34	8,62
Gorni ekstremiteti	79,75	0,12
Dolni ekstremiteti	84,05	0,16
IVB	2,52	0,45
Pregledni snimki na belite drobovi	28,92	0,30
Tomografija	63,04	0,95
Snimanje na beli drobovi so Odeĸka kamera	219,71	17,68
Zabi	237,50	0,73
V K U P N O :		95,67

kuvat edna od druga.Najgolemi dozi se sozdavat pri snimanjeto na kičmata,dolnite delovi na želudočno-crevniot trakt i pri masovni snimanja na gradniot koš.Najmali dozi se dobivat pri snmanje na ekstremitetite..

Godišnata sredna koskenomozgova doza se procenuva na okolu 95 mrad,što e približno ednakva na fonovata.Verovatno postoi nekoe pogolemo otstapuvanje poradi nepotpolnite podatoci. Megjutoa ova vrednost e značajna i dovagja kako rezultat na znatniot broj na snimanja a i vrednostite na ekspozicionite dozi na površinata na kožata na pacientite se znatno golemi.

REZIME

Ako se ima vo predvid da pri nekoi vidovi ispituvanja/3/ na gradniot koš i stomahot/2/ maksimalnite koskenomozgovi dozi sozdateni vo kičmata,možat da iznesuvat od 0,5 - 5 radi pri rentgenoskopija i od 0,05 - 0,18 radi pri rentgenografija,i ako se zeme dozata na udvoena mutacija 10 radi togaš ovie dozi za pacientot a i za naselenieto ne se bezazleni.

SUMMARY

In this exhibit is given retrospect of the irradiation of the population during x-ray examinations and the posible harmful of the blood productions organs.

L I T E R A T U R A :

1.GLASSTONE,S.:Atomska energija,drugo izdanje,Naučna knjiga, Beograd,1960.

2.JOKIĆ?J.,MARJANAC,A.,SIMIĆ,B.: Rendgenski pregledi pluća u zdravstvenim ustanovama SFRJ.Korišćenje rendgen-dijagnostičke nostičke dokumentacije kod bolesnika sa hroničnim bolestima.Prosečno trajanje diaskopije gastro-duodenuma mjereno u nekim rendgen-kabinetima. VI simpozium JDZZ,Ohrid 1972, str.595-609.

3.KRIŽANOVIĆ,D.,PANOV,D.:Pacijentna doza pri rendgenografskim pregledima. IX simpozijum JDZZ,Jajce,1977,str.113.

4.MARKOVIĆ,P.:Doprinos razmatranju problema ozračavanju stanovništva od nekih izvora zračenja korišćenih u masovnoj upotrebi.Arandjelovac,1976.Savetovanje.

5.RADOVANOVIĆ,R.,STERLE,M.:Izloženost stanovništva SFRJ prirodnom gama zračenju.V simpozijum JDZZ.Bled,1970.

6.TEODOSIEVSKI,G.,KALENDAROV,Z.:Ispituvanje na prirodnata gama radioaktivnost vo naseleni mesta vo SR Makedonija.VI simpozijum JDZZ.Ohrid,1972,str.281.

7.NOVAK,J. i dr.:Uporedjenje prirodne gama radioaktivnosti i geografske rasprostranjenosti malignih tumora u SR Makedoniji.VI simpozijum JDZZ,Ohrid,1972.

8.TOMAŠEVIĆ,M.:Opšta i lokalna ozračenost pacijenta i njihova zaštita pri stomatološkoj rendgendiagnostici.

9.MEDICINSKA ENCIKLOPEDIJA,sveska IV,Zagreb,1960.

10.GOLIKOV,V.,KORENKOV,I.:Radiacionaja zaštita pri ispolzovanii jonizirajušćih izlučenij."Medicina",Moskva, 1975.

11.KRONGAUZ,A.i dr.:Lučevie nagruski na obsleduemih pri rentgenodiagnostičeskih isledovanijah i kriterij dopustimih doz."Med.radiol.",1966,No 8.

12.GUBATOV,D.,NEMIRO,E.:Opredelenie lučevoj nagruski pri rentgenodiagnostičeskih isledovanijah metodom termoluminiscentnoj dozimetrii."Med.radiol.".1970.No 11.

13.ICRP,preporaki.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI. 1979 g.

A. Stefanov, K. Velkov, D. Jovanovski, Z. Kalendarov

Institut za radiologija i onkologija i Republički zavod za zdravstvena zaštita - Skopje

ZRAČNI USLOVI PROSTORIJE LINEARNOG AKCELERATORA U SKOPLJU

Vršeni su proračuni i eksperimentalna dozimetrijska provera prostorije u kojoj je smešten linearni akcelerator Sl 75-20 u Skoplju u uslovima svakodnevnog rutinskog rada. Ista je bila planirana za betatron energije 42 MeV te je znatno veća a zaštitni uslovi mnogo bolji. Ispitivane su doze pojedinih tačaka vanjskih i unutrašnjih zidova, komandnog kontrolnog uredjaja, vrata i dr. za fotonskog zračenje energije 8 MeV i elektronsko zračenje korišćenih energija. Doze su izračunate i eksperimentalno proverene za prosečnu integralnu dozu u toku jedne petodnevne radne nedelje. Iste su dosta niže od dozvoljenih.

Zaštita od izvora visokoenergetskih jonizujućih zračenja zahteva veliku debljinu i gustinu materijala pri gradnji prostorije u kojoj su smešteni isti. Poseban problem je adaptacija postojećih prostorija.

Na Institutu za radiologiju i onkologiju u Skoplju, nalazi se u upotrbi više od 2 godine linearni akcelerator elektrona Sl 75-20. Prostorija u kojoj je smešten isti, bila je planirana za betatron energije 42 MeV.

Sl 75-20 nudi osam energija elektronskog zračenja / od 5 do 20 MeV/ i dve energije fotonsko zračenje / 8 i 16 MeV /. Prilikom isporuke mašine sa svim aksesorima, nije isporučen stabilizator visokog napona. Zbog varijacije električnog napona gradske mreže, izbegavamo upotrebu viših energija /preko 14 MeV/.

Cilj rada

Vršena je računska provera doze u pojedinim delovima /tačkama/ unutrašnjih i vanjskih okolnih zidova za fotonsko zračenje /8 MeV/ u direktnom zračnom snopu i merenje doze istih tačaka. Izmerene su doze i za elektronsko zračenje za karakteristične tačke /8-12 MeV/. Proračuni i merenja baziraju se na aplicirane prosečne integralne dpze u toku jedne petodnevne radne nedelje u jednoj smeni /radi se u dve smene/.

Na tab. 1 dat je prosečni broj bolesnika /polja/ sa

brojem apliciranih rada u jednoj smeni.

Tab. br. 1

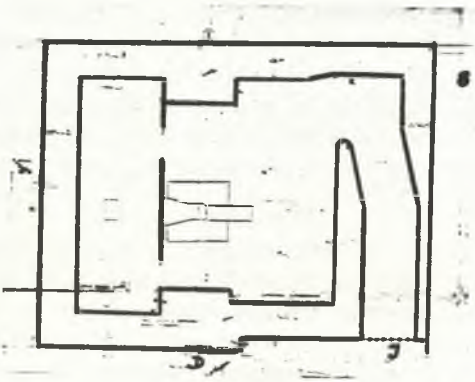
F O T O N I 8 M e V				E L E K T R O N I			
Broj bolesn.	Broj polja	Ukupno rad	Broj rad po bolesn.	Broj boles.	Broj polja	Ukupno rad	Broj rad po boles.
122	127	42023	344	101	122	31320	310

Pri projektovanju objekta uzet je ekstremni slučaj ozračivanja 60 bolesnika dnevno, sa prosečnom dozom po bolesniku 400 rad /ukupno 120.000 rad nedeljno/ koristeći isključivo fotonsko zračenje energije 16 MeV.

Izvori fotonskog zračenja koji pretstavljaju osnovu naših proračuna i merenja su :

- direktno zračenje od cilja /target/
- Oslabljeno direktno zračenje kroz zaštitni oklop i
- Zračenje od vodenog fantoma /bolesnika/ i okolnih predmeta.
- Zakočno zračenje koje se javlja pri korišćenju terapeutskih doza elektronskog zračnog snopa je dosta malo ali je prisutno u sali.

Na sl. 1 prikazana je zračna prostorija linearnog akceleratora sa zaštitnim lavirintom u njoj.



Sl. 1. Zračna prostorija linearnog akceleratora Debljina okolnih zidova iznosi 105-210 cm. Debljina

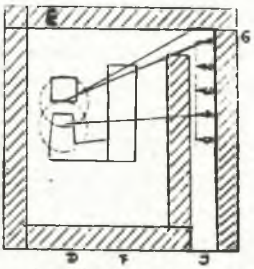
210 cm. zida 1 i 3 nalazi se u pravcu direktnog zračnog snopa, kada se glava okrene za 90° oko izocentra /uzdužne osovine/. Na rastojanju 5 m. u susednim prostorijama nalaze se tačke D i E. U izocentru na rastojanju 1 metar od izvora /target/ brzina doze iznosi 400 rad /min. odn. 24 000 rad/h. Na 5 m. susedne vanjske prostorije dobili smo po kvadratnom zakonu 10^6 mrad/h. Uzimajući linearni apsorpcioni koeficijent 0,075 cm^{-1}/3/ za beton gustine 2,35 g/ ccm, za široki zračni snop energije fotona 8 MeV, dobili smo vrednosti prikazane na tab.br. 2.

Tab. br. 2

Tačke	rad/m u izoc.	Rastoj. E,D od izoc/m/	μ /sm^{-1}/	$d_{1/2}$ /sm/	$d_{1/10}$ /sm/	F-r apsor.	mrad/h u E,D	prad/h nedelj.
E, D	400	5	0,075	9,24	30	$7,7.10^6$	0,13	13,6

Prikaz apsorpcije u betonu /2,35 g/cm^3/ debljine 210 cm.

Ovo je izuzetan slučaj kada je izvor okrenut prema zidovima 1 i 3 bez nikakve apsorpcije osim zidova. Medjutim, vrlo retko zračimo pod uglom od 90° /sl. 2/. U tom slučaju treba uzeti apsorpciju u fantomu /bolesniku/ koja iznosi 30 % primarne doze.



Sl. br. 2 Zračenje pod uglom od 90°

Uzimajući podatke iz Tab. br.1 da je ukupna nedeljna terapeutska doza 42 023 rad, pod uslovom da se svi bolesnici zrače pod uglom od 90° iznosi 13,6 rad.

Merenja

Merenja su vršena "Siemens Univerzal Dozimesser-om najnovijeg tipa sa mikrokomorom 0,6 ccm. Isti je kalibriran sa Farmer-Baldwin dozimetrom za različite energije. Korišćeni su i prenosni monitori PM-4G i PD-2 i dozis filmovi /Codak/.

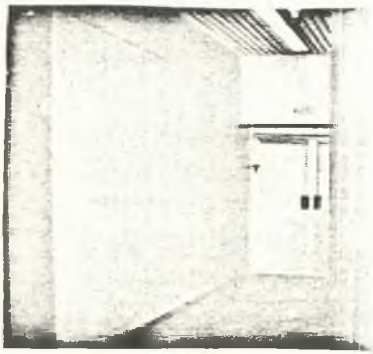
Osim direktnog zračnog snopa u pravcu tačaka E i D izračunali smo nedeljne doze u pojedinim karakterističkim tačkama za zračenje koje prolazi kroz zaštitnu glavu izvora /target/. Ovo zračenje iznosi 0,1 % primarne doze. To su tačke I - ulazna vrata, F - kontrolni monitor i tačka G - čekaonica. Pri merenju uzeli smo najčešći slučaj zračenja preko 2 suprotna polja kada pokraj izračunato direktno zračenje od glave ima veliki uticaj i retrodifuzno zračenje okolnih zidova, naročito deo zida oko tačke K koja se nalazi na kraju zaštitnog lavirinta preko puta vrata. Rezultati proračuna i merenih doza u gorenavedenim tačkama dati su u tab. br. 3.

Tab. br. 3

Tačka	Broj rad ned.	Rastoj. /m/	Rad/ned. bez zaštite	Deblj. betona /m/	Broj dl/10	Apsorpcija	Očekivana doza mr/ned.	Merena doza mr/ned.
I	42	8	0,656	110	3,67	4.10^{3}	0,164	0,9-1,4
F	42	5,5	1,39	120	4,00	$8,7,10^{3}$	0,159	0,122
G	42	10,0	0,42	105	3,5	$2,7.10^{3}$	0,155	0,07

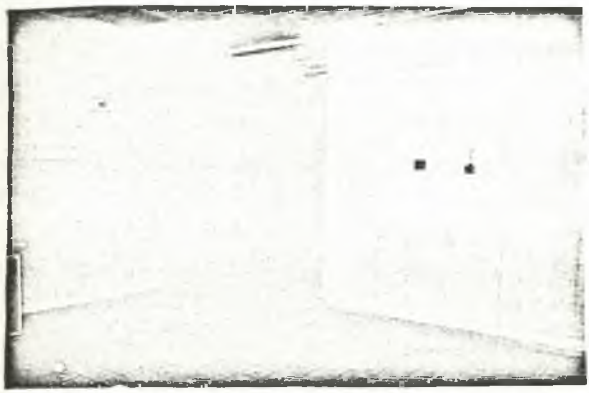
Prikaz računski vrednosti zračenja u tačkama I, F, G. /zračenje iz zaštitne glave-cilja/ i izmerene vrednosti

U tački I merena doza je oko 6 puta veća od proračunske. Ovde dolazi do izražaja retrodifuzno zračene zidova u lavirintu koje ima veliki značaj u ukupnoj integralnoj dozi. U vanjskim tačkama F i G dobijamo pojačani fon zračenja. Na sl. 3 prikazan je lavirint sa ulazom.



Sl. 3.

Na sl. 4. dat je prelaz-lavirint i tačka K u blizini lavirinta.



Sl. 4

Merenjem doze u tački I /vrata/ pri korišćenju terapeutskih doza sa elektronima, totalna sedmična doza iznosi od 0,7 do 1 mr. Merenja smo vrsili kada su vrata otvorena. Medjutim, nakon prestanka emisije elektronskog izvora, osetljivi monitori u zračnoj prostoriji regostruju pojačani fon /04-0,06 mr/h/, naročito u blizini olovnih tubusa koji ograničavaju zračni snop i u blizini zračne glave gde zakočno zračenje dolazi do izražaja.

Z a k l j u č a k

Pri dozimetrijskoj proveri empiriskih rezultata, vidimo da su doze dosta niže od propisanih u radnoj i u okolnim prostorijama pri korišćenju fotonsko zračenje energije 8 MeV i elektronsko korpuskularno zračenje energije do 14 MeV linearnog akceleratora Sl 75-2o.

S U M M A R Y

The calculations and experimental dosimetric confirmations are performed about the room of Linear accelerator SL 75-20 for everyday routine conditions in Skopje. The room was planned for Betatron energy 42 MeV that contributes the protected conditions to be better.

The doses of different points of internal and external walls areinvestigated, the commanding control equipment, the door, for photon radiation energy 8 MeV. The doses are calculated and experimentaly tested for maximum integral dose during one five days working and the same are rather below of the prescribed.

L i t e r a t u r a:

1. SAXON G., Radiation protection aspects of designs and operation of Irradiation facilities. Radiation Sources, str. 240, 1964, Ed. Charlesby.

2. BIBERGAL A., MARGULIS U. VOROBEV E., Zaštita od rentgenovskih i gama lučei, str. 197, 248, 1960, Medgiz-Moskva

3. COLEMAN F. J. , A rewiew of Shielding Data for the S1 75-20 Linear Accelerator,Publication No 1013-10--75, str. 4-6, The M. E. L. Equipment Company Limited Manor Royal - Crawley, Sussex.

4. MITROV G., Radiologična tehnika i lčezaštita, str. 280,281, 1968. Državno izdatelstvo "Tehnika",Sofija.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Mirić I., Veličković D., Cupač S.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

ODREDJIVANJE USLOVA ZA DOZIMETRIJSKA BAŽDARENJA TERMALNIM NEUTRONIMA

REZIME

U ovom radu su prikazane karakteristike polja u termalnoj koloni reaktora RA u Vinči i analizirana je mogućnost njegove primene za baždarenje dozimetrijske instrumentacije.

Prikazani rezultati se odnose na homogenost polja na datom rastojanju od termalne kolone, Cd-odnos, promenu fluksa sa rastojanjem i pogodnost korišćenja termalne kolone za proveru neutronske osetljivosti dozimetrijske instrumentacije namenjene za merenje doza u mešovitim (n+gama) poljima.

UVOD

Ispitivanje karakteristika dozimetrijske instrumentacije uključuje i odredjivanje njihovog odziva na različite uslove ozračivanja. Sva potrebna ispitivanja često je teško realizovati, naročito ako su u pitanju neutronski dozimetri.

Za neutrone je karakteristično da vrednost doze ne zavisi samo od intenziteta, već i od energije zračenja. Zbog toga je za baždarna polja potrebno što bolje poznavati energetsku raspodelu neutrona, a ispitivanja dozimetrijskih karakteristika neutronskih dozimetara i detektora vršiti u većem broju polja monoenergetskih neutrona sa relativno malom komponentom gama zračenja.

Sa dozimetrijske tačke gledišta termalni neutroni ne predstavljaju posebno interesantnu oblast, jer je u većini slučajeva njihov doprinos ukupnoj dozi ozračivanja mali. Medjutim, osetljivost neutronskih detekcionih, odnosno dozimetrijskih sistema na termalne neutrone može da bude značajna, jer su u ovoj

energetskoj oblasti efikasni preseci za moguće reakcije često reda veličine barna, pa čak i stotine barna, za razliku od oblasti brzih neutrona gde su efikasni preseci većinom reda milibarna. Zbog toga se prilikom ispitivanja karakteristika neutronskih dozimetara i detektora ne treba zanemariti odredjivanje njihove osetljivosti na termalne neutrone. Ova ispitivanja su od posebnog značaja kod detekcionih sistema u kojima postoji mogućnost prisustva nečistoća, sistema kod kojih se detekcija zasniva na registrovanju albedo neutrona ili na termalizaciji neutrona.

U ovom radu su prikazane karakteristike polja u termalnoj koloni reaktora RA u Vinči i analizirana je mogućnost njegovog korišćenja za baždarenje neutronske dozimetrijske instrumentacije.

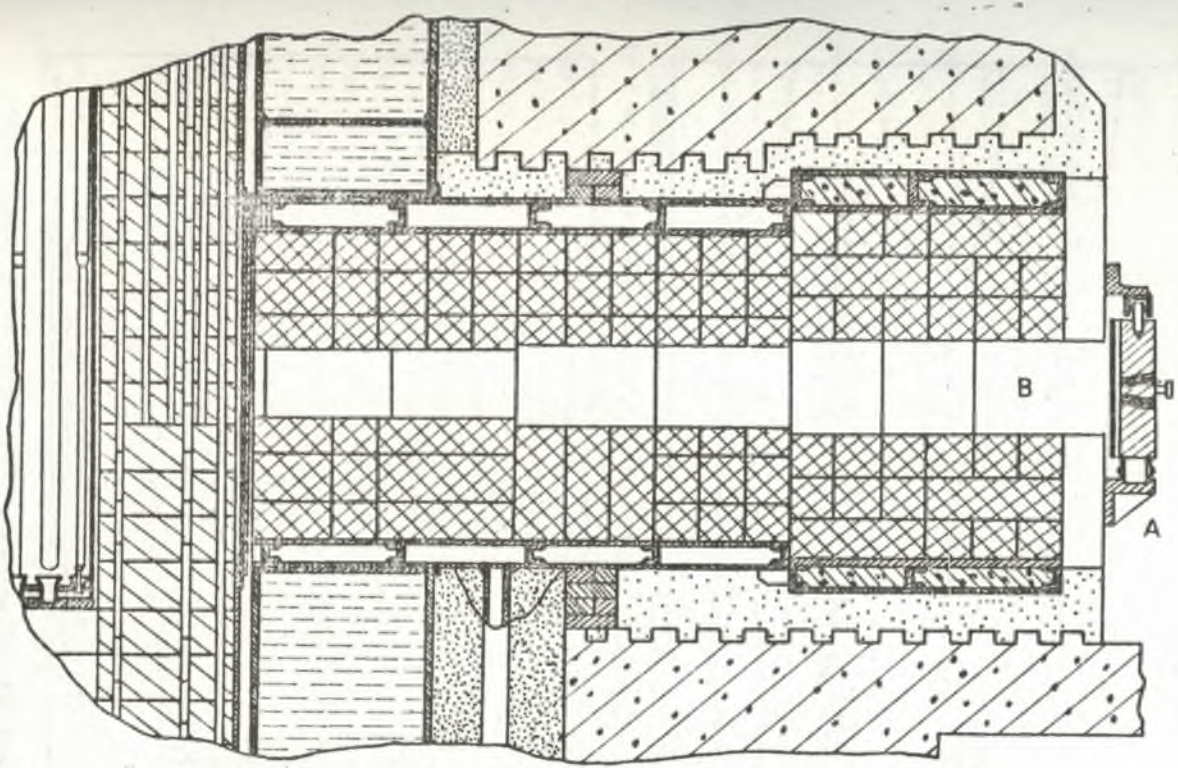
TERMALNA KOLONA REAKTORA RA

Na slici 1 je prikazan presek termalne kolone reaktora RA u Vinči. Kao što se sa slike vidi, uslovi ozračivanja uzoraka su takvi, da se u kolonu mogu unositi bez većih teškoća praktično svi detekcioni odnosno dozimetrijski sistemi. Vrednost fluksa se može menjati promenom snage reaktora ili pomoću grafitnih blokova veličine 40x40x40 cm^3. Prilikom ozračivanja, dozimetrijska instrumentacija može da se nalazi u koloni ili van nje.

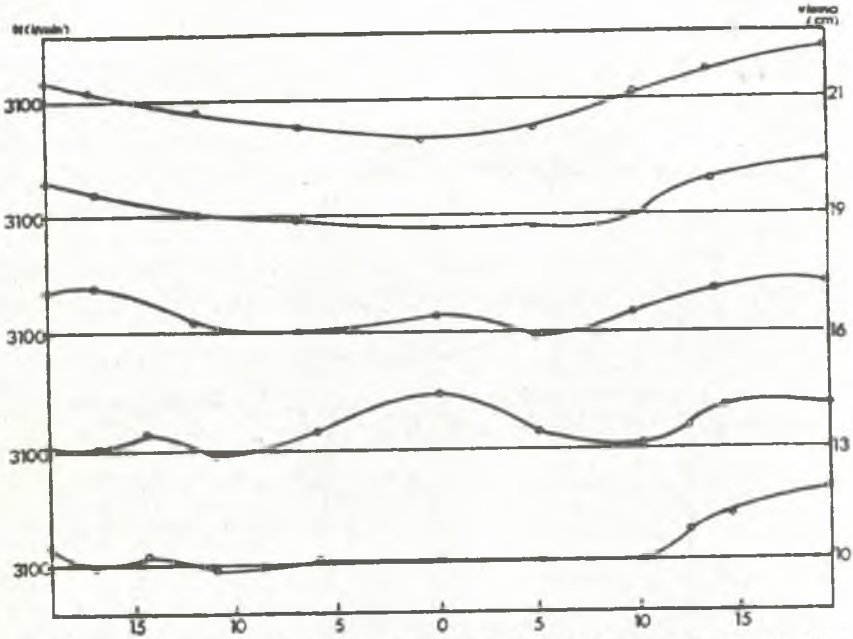
U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja uslova ozračivanja koji se dobijaju u termalnoj koloni kada je jedan grafitini blok izvadjen, kao i van termalne kolone ako je kolona do kraja napunjena blokovima.

Ispitivanje homogenosti polja

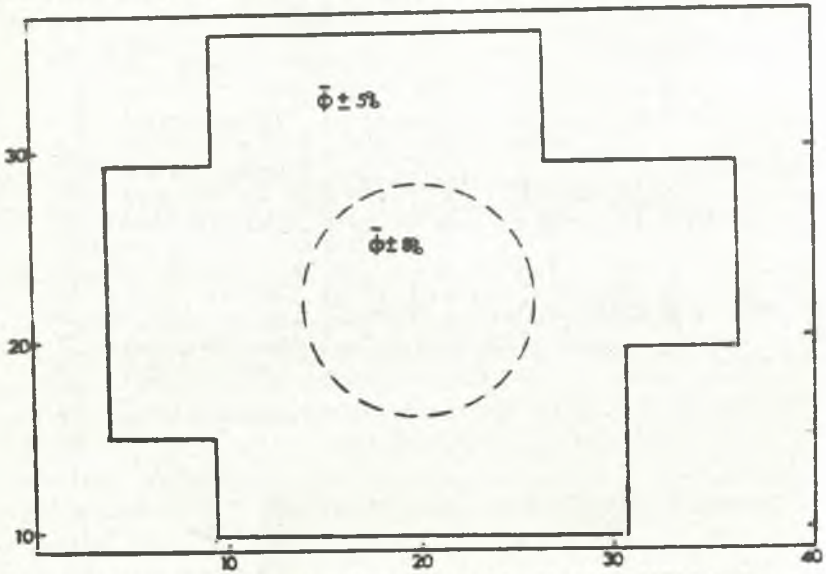
Ispitivanje homogenosti polja u termalnoj koloni vršeno je za rastojanja 1 cm do 25 cm od poslednjeg grafitnog bloka pri čemu su vrata kolone bila zatvorena. Homogenost je ispitana na površini 35x35 cm^2 pomoću Cu-folija prečnika 10 mm i debljine 20,0 mg/cm^2. Pošto su za ove potrebe vršena relativna merenja aktivnosti detektora, osnovni problem je bio da dimenzije svih detektora budu što približnije. Odabrane su folije kod kojih je maksimalno odstupanje od srednje vrednosti 4.10^{-4} gr, što ne prozrokuje grešku veću od ±2%.



Slika 1. Šematski prikaz termalne kolone reaktora RA: A- vrata kolone, B - mesto poslednjeg grafitnog bloka



Slika 2. Varijacija fluksa neutrona po površini na rastojanju 5 cm



Slika 3. Šematski prikaz homogenosti polja na rastojanju 5 cm

Rezultati ovih ispitivanja su pokazali da ne postoji značajna promena homogenosti polja sa rastojanjem, a da se u svim slučajevima javlja osetna varijacija fluksa sa rastojanjem od grafita koji okružuje kolonu. Na slici 2. je prikazana varijacija fluksa po vertikalnom preseku u termalnoj koloni, a za rastojanje 8 cm od poslednjeg grafitnog bloka. Detaljnija analiza ovih krivih pokazuje da je unutar centralnog cilindra kolone, prečnika oko 10 cm, fluks neutrona niži, da se približavanjem grafitu osetno povećava, tako da je na rastojanjima manjim od 5 cm od grafita varijacija fluksa veća od 10%.

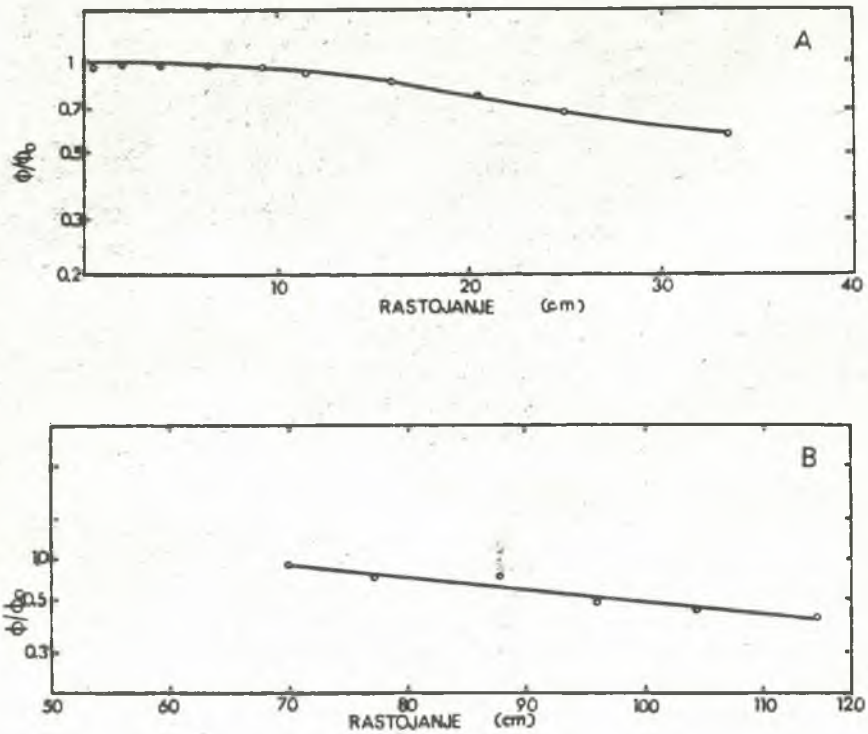
Na slici 3. je šematski prikazana homogenost polja na rastojanju 8 cm od poslednjeg grafitnog bloka kolone. Na slici je pokazano da je unutar površine označene neprekidnom linijom homogenost fluksa unutar ±8%, dok se isključivanjem centralnog kružnog dela varijacija fluksa smanjuje na ±5%.

Promena fluksa sa rastojanjem

Varijacija fluksa termalnih neutrona sa rastojanjem od poslednjeg grafitnog bloka termalne kolone je izmerena unutar kolone, a pod uslovima opisanim ranije. Rezultati su prikazani na slici 4A, sa koje se može videti da je za rastojanja manja od 12 cm od poslednjeg grafitnog bloka kolone izmerena varijacija fluksa bila manja od 10%, a da za veća rastojanja varijacija fluksa može da bude aproksimirana eksponencijalnom funkcijom. Poredjenja radi, na slici 4B je prikazana izmerena promena fluksa van termalne kolone na rastojanjima većim od 50 cm od poslednjeg grafitnog bloka (rastojanja su bila uslovljena mogućnostima rada na termalnoj koloni).

Na osnovu opisanih rezultata merenja može se zaključiti da se u termalnoj koloni može realizovati relativno homogeno (±5%) ozračivanje detektora, odnosno dozimetara, čije su najveće dimenzije osetljive zapremine detektora do 10 cm.

Promena fluksa sa rastojanjem van termalne kolone je značajna, tako da su dozvoljene dimenzije detektora za homogena ozračivanja znatno manje.



Slika 4. Fluks neutrona u funkciji rastojanja od poslednjeg grafitnog bloka kolone. A - Merenja vršena u koloni; B - Merenja vršena van kolone

Odredjivanje kadmijumskog odnosa (R_{Cd})

Doprinos fluksa epitermalnih (intermedijarnih) neutrona obično se odredjuje merenjem kadmijumskog odnosa

$$R_{Cd} = \frac{\text{pokazivanje detektora bez Cd-apsorbera}}{\text{pokazivanje detektora sa Cd-apsorberom}}$$

za različite rezonantne detektore. Zlatna folija se često koristi za ovu svrhu, jer je osetljivost ^{197}Au(n,gama) reakcije na neutro-

ne od 4,9 eV visoka (RI=1500·10^{-24} cm^2) u odnosu na osetljivost na termalne neutrone (σ_{th}=98,8·10^{-24} cm^2).

Procena fluksa intermedijarnih neutrona na termalnoj koloni reaktora RA izvršena je merenjem Cd-odnosa za Au-folije prečnika 10 mm, a debljine 18 mg/cm^2 i 6,7·10^{-3} mg/cm^2. Sem toga, Cd-odnos je odredjen i za Cu- i Mn-folije istog prečnika, a debljine 20,0 mg/cm^2, odnosno 2,0 mg/cm^2, radi provere da li su eventualno prisutni neutroni relativno viših energija (do oko 1 keV).

Dobijeni rezultati su pokazali da su saturacione aktivnosti Cu-, Mn- i Au-folija debljine 6,7.10^{-3} mg/cm^2 ozračenih u Cd-kutijicama debljine 1 mm u granicama fona GM-brojača (oko 10 imp/min), dok je za Au-folije debljine 18 mg/cm^2 izmereno R_{Cd}=1500, što znači da se pod opisanim uslovima ozračivanja uticaj intermedijarnih neutrona može zanemariti.

Fluks termalnih neutrona i doza gama zračenja

Prave vrednosti fluksa, odnosno doze neutrona moraju se odredjivati za svako ozračivanje posebno. U toku jedne kampanje rada reaktora na snazi od 6,5 MW, varijacija fluksa pri normalnim uslovima rada obično nije veća od ±2%, ali se od jedne kampanje do druge može znatno razlikovati.

U normalnim uslovima korišćenja termalne kolone za potrebe dozimetrije zračenja, merenje fluksa termalnih neutrona vrši se pomoću Au-folija, standardizovanih u Laboratoriji za fiziku, Instituta "Boris Kidrič". Pošto temperaturą u koloni ne prelazi 40°C na mestu ozračivanja ($\bar{E}_n$= 0,027 eV), ne vrši se korekcija zbog promene srednje kinetičke energije termalnih neutrona, već se za ^{197}Au(n,gama) reakciju uzima σ_{th} = 98,8·10^{-24} cm^2. Merenje fluksa, vršena poslednjih godina su pokazala da je, pod uslovima opisanim ranije, u termalnoj koloni na rastojanju oko 5 cm od poslednjeg grafitnog bloka

$$\bar{\phi}_{th} \simeq 1,4 \cdot 10^7 \ n/cm^2 sek$$

Odredjivanje jačine gama doza nije jednostavno zbog prisustva gama zračenja visokih energija. Izvršena merenja pomoću jonizacionih komora u bornom apsorberu su pokazala da je jačina gama doze istog reda veličine kao i neutronska (u rem-ima) i da

ovaj odnos varira zavisno od uslova i vremena ozračivanja.

ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da termalna kolona reaktora RA može da se koristi na zadovoljavajući način za ispitivanje osetljivosti većine dozimetrijskih sistema namenjenih za merenje integralnih vrednosti doze ako

- dimenzije detektora nisu veće od 10 cm,
- nisu potrebne visoke vrednosti flukseva, odnosno jačine doze neutrona i ako
- osetljivost detekcionog sistema na gama zračenje nije visoka u odnosu na osetljivost na termalne neutrone.

THERMAL NEUTRON CALIBRATION CONDITIONS AT THE VINČA RA REACTOR

In this paper are given the properties of the field arising at the thermal column of the Vinča RA reactor for dosimetry instruments calibration purposes.

The results concern homogeneity of the field, Cd-ratio, variation of fluence with distance. An analysis of the possibility of neutron sensitivity verification for different instruments designated for dose measurements in mixed (n+gamma) fields is also given.

BIBLIOGRAFIJA

1. "Neutron Fluence Measurements", IAEA Technical Reports Series No 107, IAEA, Vienna, 1970
2. "Neutron Dosimetry for Biology and Medicine", ICRU Rep.26, Jan.1977
3. Zijp W., ECN - 37, Febr.1978
4. Attix F., Tochilin E., Ed."Radiation Dosimetry" Vol.III, Academic Press 1969, str., str.247

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Veličković D.,Mirić I.,Vukčević M.,Mirić P.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, Beograd
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja

PRIMENA TRAG-DETEKTORA ZA MERENJE FLUKSA I SPEKTRA NEUTRONA

REZIME

U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja fisionih trag-detektora, koji se sastoje od fisibilnog materijala u kontaktu sa polikarbonatnim folijama MAKROFOL E ili MAKROFOL KG, za procenu spektra i merenje fluksa neutrona na nuklearnim postrojenjima. Ispitivanja su se odnosila na sledeće fisibilne materijale: Np-237, Pu-239, U-235, prirodni i 2% obogaćeni uran.

Za sve mete eksperimentalno je odredjen efektivni broj jezgara, a dobijeni rezultati su korišćeni za analizu pokazivanja detektora u različitim fisionim spektrima koji se dobijaju na nuklearnim postrojenjima TRIGA Mark II i Sylene.

UVOD

Fisioni trag-detektori su poslednjih godina sve više zastupljeni u detekciji neutrona. Osnovna namena ovih detektora je procena neutronskih spektara, zatim merenje neutronskih fluksova i doza, posebno za fisione spektre i na mestima gde može da dodje do nuklearnih akcidenata. Sastoje se od fisione mete i polikarbonatne folije. Fisioni fragmenti koji nastaju kao rezultat interakcije neutrona sa metom bivaju registrovani u polikarbonatnoj foliji, koja mora da je u što boljem kontaktu sa metom (zbog malog dometa fisionih fragmenata).

Glavno preimućstvo fisionih detektora je što se njima može meriti fluks u celoj energetskoj oblasti neutrona koja se može javiti u okolini nuklearnih postrojenja, što nije slučaj sa većinom drugih detektora. Druga preimućstva fisionih trag-detektora su:

- nije potrebna specijalna elektronska oprema pri obradi detektora;
- za detekciju neutrona se koristi vrlo mala količina fisionog materijala;
- detekcioni sistem je neosetljiv na beta, X i gama zračenje;
- efekti fadinga su zanemarljivi u toku dužeg vremenskog perioda;
- ista meta se može koristiti praktično neograničeno, pod uslovom da nije mehanički oštećena;
- vreme očitavanja broja fisionih tragova nije definisano ni ograničeno;
- detekcioni sistem može da se čuva i drži na sobnoj temperaturi.(1)(2)

U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja detekcionih sistema na principu fisionih trag-detektora, namenjenih za procenu spektra i merenje fluksa fisionih neutrona. Dobijeni rezultati su provereni uporedjivanjem izmerenog broja dogadjaja sa teorijski očekivanim za neutronske spektre koji se dobijaju na nuklearnim postrojenjima TRIGA Mark II (Ljubljana) i Sylene (Valduc, Francuksa).

OPIS DETEKCIONOG SISTEMA

Detekcioni sistem se sastoji od fisione mete i polikarbonatnog detektora. U ovim ispitivanjima korišćene su mete od sledećih fisionih materijala: prirodni uran (0,72% U-235), obogaćeni uran (2% U-235), U-235 (99,83% i 93,15%), Np-237 (99,3%) i Pu-239 (99,23%).

Detekcija fisionih fragmenata vršena je pomoću polikarbonatnih folija MAKROFOL E I MAKROFOL KG, kod kojih je broj fisionih fragmenata meren optičkim mikroskopom C.Zeiss sa uvećanjem 12,5x40.

Detekcioni sistem je pre ozračivanja stavljen u PVC kesicu u kojoj je dobar kontakt izmedju detektora i mete ostvaren vakuumom. Radi eliminisanja uticaja termalnih neutrona u toku merenja fluksa i spektra neutrona, detekcioni sistem je ozračen

u Cd-kutijici debljine 1 mm.

Polikarbonatne folije

MAKROFOL E je polikarbonatna folija debljine oko 200 μ, u kojoj se broj fisionih fragmenata može odrediti optičkim mikroskopom ili pomoću denzitometra.

MAKROFOL KG je takodje polikarbonatna folija, čija debljina od 10 μ omogućava da se broj fisionih fragmenata meri i pomoću varničnika.

Hemijska obrada ove dve vrste folija, radi izazivanja latentne slike ("razvijanje"), nije ista. MAKROFOL E se razvija u 5 N rastvoru NaOH, pri temperaturi od 60°C u trajanju od 45 min, a MAKROFOL KG u 5,5 N rastvoru KOH pri temperaturi od 60°C, u trajanju od 35 min. Posle razvijanja folije se ispiraju u destilisanoj vodi i suše na sobnoj temperaturi.

Opisanim postupcima razvijanja i pri dobrom kontaktu izmedju detektora i beskonačno tanke mete, postiže se efikasnost detekcije fisionih fragmenata bolja od 97%[3].

Fisione mete

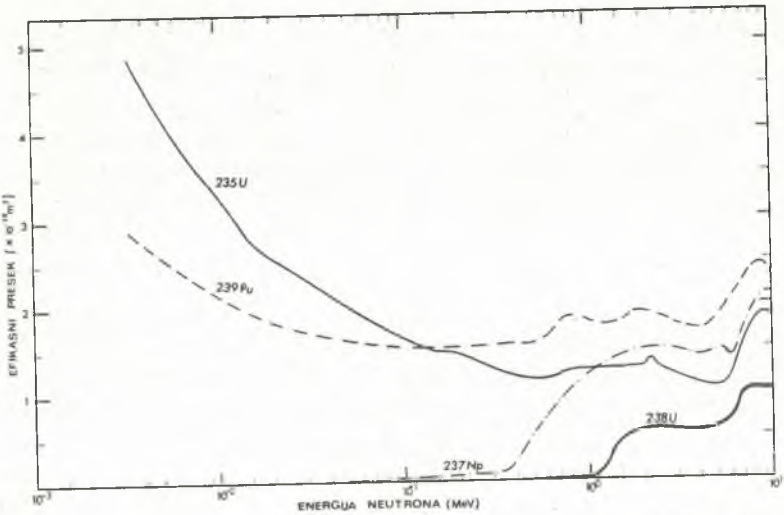
Za ispitivanja su korišćene mete nabavljene od REACTOR EXPERIMENTS (RE), C.E.A. (CEA) i Instituta za fiziku, Beograd (IF). Karakteristike ovih meta dobijene su od proizvodjača i prikazane u Tabeli 1. Fisione mete RE i CEA su komercijalni proizvodi, izradjeni galvanizacijom, a IF naparavanjem.

TAB.br.1

Neke karakteristike korišćenih fisionih meta

Naziv mete	Proizvodjač	Podloga	Debljina	Prečnik (cm)	- aktivnost (dez/min.)
^{237}Np(I)	RE	nikl	-	0,63	$5,1990.10^4$
^{237}Np(II)	CEA	čelik	$1,01.10^{17}$ a/cm	0,50	-
^{239}Pu	RE	nikl	-	0,63	$1,1305.10^6$
^{235}U(I)	CEA	čelik	$1,04.10^{17}$ a/cm	0,50	-
^{235}U(II)	RE	nikl	-	0,63	$2,610 .10^3$
prirodni U	IF	polikarb.f.	500 Å	-	-
U-235(25)	IF	"	250 Å	-	-

Krive efikasnih preseka za (n,f) reakcije u ^{235}U, ^{239}Pu, ^{237}Np i ^{238}U koji su korišćeni u ovim ispitivanjima prikazane su na slici 1. (4,5,6,7) Kao što se sa slike vidi, $^{235}U(n,f)$ i $^{239}Pu(n,f)$ su egzotermne reakcije, što znači da nemaju prag reakcije, a iznad 100 keV efikasni presek ne varira značajno sa energijom neutrona. $^{237}Np(n,f)$ reakcija ima efektivni prag na oko 600 keV, a $^{238}U(n,f)$ na oko 1,5 MeV.



Slika 1. Krive efikasnih preseka za (n,f) reakcije u U-235, Pu-239, Np-237 i U-238 u funkciji energije neutrona

Odredjivanje karakteristika fisionih meta

Približni broj jezgara u fisionim metama odredjen je od strane proizvodjača na različite načine. Da bi se usaglasili raspoloživi podaci, izvršena je provera efektivnog broja jezgara u svakoj pojedinačnoj meti na dva načina:

- merenjem alfa aktivnosti mete i
- ozračivanjem meta poznatim fluksom termalnih neutrona.

Merenje alfa aktivnosti meta vršeno je pomoću 2-pi protočnog proporcionalnog brojača za koji je uzeto da je efikasnost detekcije 50% i da je korekcija zbog odbijanja alfa čestica od podloge 1,5%. Izmerena alfa aktivnost uporedjena je sa vrednostima koje je dao proizvodjač i prikazana u Tabeli 2.

TAB.br.2
Alfa aktivnosti fisionih meta

Naziv mete	Izmerena alfa aktivnost (dez.cm^{-2}min^{-1})		(%)
	Proizvodjač	IBK	
^{235}U(II)	$2,610 \cdot 10^3$	$2,652 \cdot 10^3$	+ 1,60
^{237}Np(I)	$5,199 \cdot 10^4$	$5,293 \cdot 10^4$	+ 1,80
^{239}Pu	$1,130 \cdot 10^6$	$1,088 \cdot 10^6$	- 3,70

Kao što se iz Tabele 2 vidi, dobijena su slaganja sa raspoloživim podacima koje daje proizvodjač. Zbog toga su izmerene alfa aktivnosti uzete kao referentne za odredjivanje broja jezgara mete Np-237 i Pu-239, pri čemu su površine meta proverene autoradiografski.

Opisani postupak se nije mogao primeniti za odredjivanje broja jezgara u metama urana, zbog prisustva U-234 koji je takodje alfa emiter sa znatno kraćim poluživotom ($T_{1/2}$= $2,45 \cdot 10^5$ god) od poluživota U-235 ($T_{1/2}$= $7,8 \cdot 10^8$ god) i U-238 ($T_{1/2}$= $4,5 \cdot 10^9$ god). Radi toga je za sve mete urana broj jezgara odredjen ozračivanjem detekcionog sistema poznatim fluksom termalnih neutrona iz termalne kolone reaktora RA u Vinči. Ovom metodom je, poredjenja radi, odredjen i broj jezgara u meti Pu-239. U Tabeli 3 su prikazani dobijeni rezultati, uporedo sa rezultatima koji se dobijaju iz alfa aktivnosti meta. Kao što se iz Tabele 3 vidi, usaglašene vrednosti se dobijaju samo za Pu-239, dok se za uran nije postiglo usaglašavanje ni teorijskim odredjivanjem doprinosa U-234 na ukupnu alfa aktivnost urana posebno u slučaju izotopskog obogaćivanja prirodnog urana.

TAB.br.3
Efektivni broj jezgara u metama

META	Efektivni broj jezgara po cm^2 ($x10^{17}$)		
	Termalna kolona	alfa aktivnost	
		bez korekcije	sa korekcijom
U (prirodni)	0,677	1,777	0,859
U (2% U-235)	0,481	3,743	0,942
U (99% U-235)	1,070	5,421	0,18
U (93% U-235)	1,282	15,69	0,643
Pu-239 (99%)	0,654	0,671	

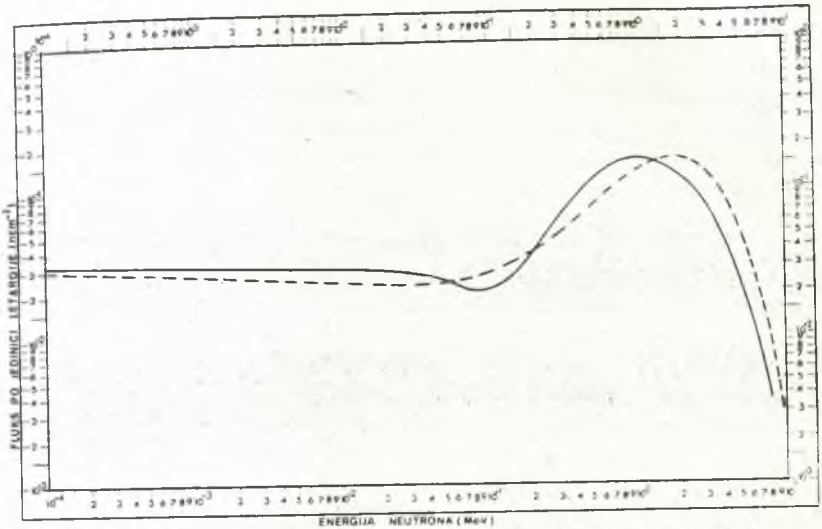
REZULTATI OZRAČIVANJA U RAZLIČITIM SPEKTRIMA

Opisani fisioni detektori su ozračeni u različitim spektrima neutrona koji se dobijaju na nuklearnim postrojenjima Sylene[8] i TRIGA Mark II[9], a grafički su prikazani na slikama 2 i 3. Pretpostavljajući da su spektri poznati i da su uslovi ozračivanja dobro definisani (fluks poznat), za svaki detektor je računski odredjen očekivani broj fisija po cm^2 mete, koji je zatim eksperimentalno proveren. Dobijeni rezultati su prikazani u Tabeli 4. iz koje se vidi da se u svim spektrima dobija dobro slaganje izmedju očekivanog i izmerenog broja fisija u meti neptunijuma, a da se znatna odstupanja dobijaju u slučaju meta U-235 i Pu-239 ozračenih u Cd-kutijicama. Imajući u vidu da mete od prirodnog i 2% obogaćenog urana nisu komercijalne, može se uzeti da su rezultati dobijeni za prirodni uran zadovoljavajući. Medjutim, za 2% obogaćeni uran nisu dobijena slaganja izmedju očekivanog i izmerenog broja fisija.

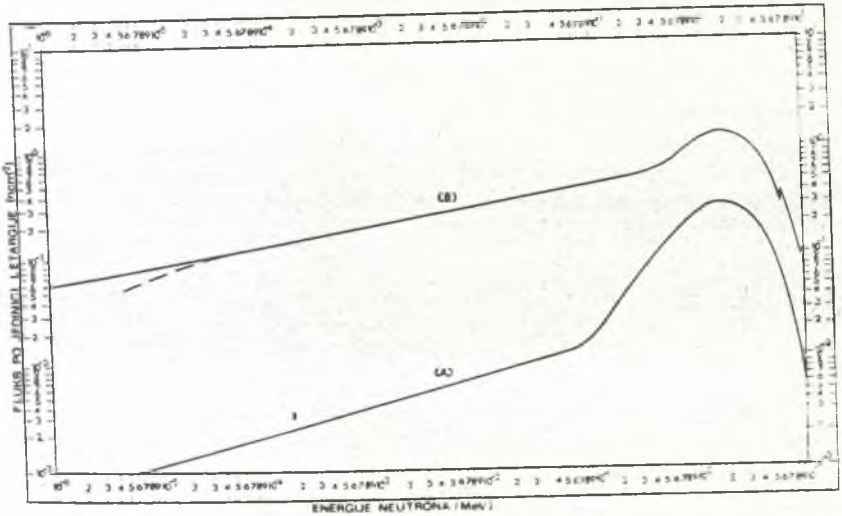
ZAKLJUČAK

Dosadašnja naša iskustva u radu sa fisionim trag-detektorima su pokazala

- da se broj jezgara mete u fisionim detektorima može odrediti i iz alfa aktivnosti ozračenih meta. Izuze-



Slika 2. Spektri neutrona na nuklearnom postrojenju Sylene: ——— primarni spektar; _____ spektar iza Pb-zaštite



Slika 3. Spektri neutrona na reaktoru TRIGA: A – iza konvertorske ploče; B – u kanalu (termalizovan)

TAB.br.4

Izmereni i očekivani broj fisija u različitim spektrima

META	Spektar	Broj fisija po cm^2 po atomu mete	
		Izmeren	Očekivan
Np-237	TRIGA (A)	$7,862 \cdot 10^{-15}$	$7,525 \cdot 10^{-15}$
	TRIGA (B)	$3,311 \cdot 10^{-14}$	$3,381 \cdot 10^{-14}$
	Sylene (1)	$8,619 \cdot 10^{-14}$	$9,910 \cdot 10^{-14}$
	Sylene (2)	$1,289 \cdot 10^{-13}$	$1,336 \cdot 10^{-13}$
U-235	TRIGA (A)	$8,850 \cdot 10^{-12}$	$10,589 \cdot 10^{-12}$
	TRIGA (B)	$6,568 \cdot 10^{-12}$	$4,431 \cdot 10^{-12}$
	Sylene (2)	$2,632 \cdot 10^{-12}$	
Pu	TRIGA (B)	$8,092 \cdot 10^{-15}$	$5,757 \cdot 10^{-15}$
U (prirodni)	Sylene (1)	$6,071 \cdot 10^{-14}$	$6,780 \cdot 10^{-14}$
	Sylene (2)	$8,860 \cdot 10^{-14}$	$9,520 \cdot 10^{-14}$
U (2% U-235)	Sylene (1)	$1,590 \cdot 10^{-13}$	$1,007 \cdot 10^{-13}$
	Sylene (2)	$2,255 \cdot 10^{-13}$	$1,624 \cdot 10^{-13}$

tak predstavljaju mete od urana, gde je neophodno primeniti drugu metodu, kao što je npr ozračivanje poznatim fluksom termalnih neutrona;

- mete Pu-239 i U-235 ozračene u Cd-apsorberu nisu tako pogodne za spektrometriju neutrona kao kada se ozračivanje vrši u apsorberu od B-10;
- prirodni uran u kombinaciji sa U-235 treba da predstavlja dobru kombinaciju detektora, koja bi mogla da se koristi umesto kombinacije Th-232 - U-235 ili U-238 - U-235.

ZAHVALNICA - Zahvaljujemo kolegama iz Instituta za fiziku, Bgd, na pomoći u toku izrade ovog rada.

NEUTRON SPECTRA AND FLUENCE EVALUATION WITH FISSION TRACK DETECTORS - This paper gives the results of fission track detectors investigations for neutron spectra and fluence evaluation. The detectors consisted of polycarbonate foils and fissible targets: Np-237, Pu-239, U-235, na tural and 2% enriched uranium. The effective number for target nuclei was determined and the results are used to correlate the expected and measured number of fissions in different spectra arising at the TRIGA and Sylene installations

BIBLIOGRAFIJA

1. Rago F.P. et al. Nucl. Appl. & Technol. 8, No.3, 302, 1970
2. Fleisher R., et al. Nuclear Tracks in Solids Principles&Appl. Univ.of Calif Press Brkeley, 1975
3. Anastasijević R., Institut za fiziku, priv.saopštenje
4. Parker K., AWRE-070/63 (1963)
5. Davey W.G. Nucl.Sci.Eng. 32 (1968), 35
6. Davey W.G., Nucl.Sci.Eng.26 (1966), 26
7. ICRU Report 26, Jan.1977
8. "Sylene" intern. report
9. IAEA Techn.Rep. Series No.127, Vienna 1971

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29, 3o, 31. 05. i 1. 06. 1979.

Vasiljević Lj.

Prirodno-matematički fakultet, Institut za fiziku, Kragujevac

Veličković D. i Mirić I.

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

ODREDJIVANJE NEKIH DOZIMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA CELULOZNIH NITRATA DOMAĆE PROIZVODNJE

REZIME

U radu su prikazani rezultati ispitivanja nekih dozimetrijskih karakteristika folija celuloznih nitrata NC - 650 i NC - 1800 izradjenih od domaćih sirovina, kao i KODAK LR - 115 folija debljine 6 μ i 12 μ komercijalne proizvodnje.

Rezultati dosadašnjih ispitivanja su pokazali da folije NC - 650 treba da imaju slične dozimetrijske karakteristike kao film KODAK LR - 115 type I /6 μ/, da postoji mogućnost njihove primene u ličnoj dozimetriji neutrona namenjenoj za vanredne situacije i da su za sada pogodnije za detekciju neutrona od folija NC - 1800.

U V O D

Čvrsti detektori tragova su minerali ili organske dielektrične supstance koje mogu da registriju naelektrisane čestice relativno visoke specifične jonizacije. Na svome putu kroz detektor naelektrisane čestice stvaraju defekte u kristalu /minerali/ ili ekscitirane i jonizovane molekule i atome, odnosno slobodne radikale /organske supstance/. Na taj način se u detektoru

formira latentna slika tragova, koja posle odgovarajuće obrade postaje vidljiva, tako da tragovi mogu da se mere optičkim mikroskopom, varničnikom ili denzitometrijski.

Poslednjih godina se ovi detektori sve više primenjuju i za detekciju neutrona jer imaju neke prednosti u odnosu na druge detektore: neosetljivi su na gama i beta zračenje, integralni su detektori koji se mogu primeniti u impulsnim poljima visokih intenziteta, a vreme njihovog merenja nije ograničeno /1/, /2/, /3/.

Folije celuloznog nitrata spadaju u grupu organskih polimera za koje su dosadašnji rezultati ispitivanja ukazali da bi se mogli koristiti za potrebe neutronske dozimetrije. Brzi neutroni nastali fisijom prouzrokuju dominantno tragove uzmaka pri uzajamnom dejstvu sa nukleonim C, N, i O detektora, čija je jonizacija jezgra uzmaka dovoljna da bude registrovana u foliji celuloznog nitrata pod normalnim uslovima obrade. Tragovi protona uzmaka, nastali pri elastičnom sudaru neutrona sa vodonikom mogu da budu detektovani ako su energije neutrona u intervalu od oko 20 keV do 100 keV/4/. Kao rezultat interakcije termalnih neutrona sa celuloznim nitratom registruju se protoni od o,58 MeV nastali ^{14}N /n,p/ reakcijom.

Zbog pomenutih karakteristika, celulozni nitrati, namenjeni za detekciju naelektrisanih čestica i neutrona se danas i komercijalno proizvode. U tu vrstu detektora spadaju i film KODAK LR - 115 type I i type II. Medjutim, ne isključuje se primena i drugih celuloznih nitrata, čija proizvodnja nije predvidjena primarno za ove svrhe.

U toku su ispitivanja karakteristika celuloznih nitrata proizvodnje "Milan Blagojević" iz Lučana radi dobijanja informacija o mogućnosti primene domaćih vrsta celuloznih nitrata za

detekciju i dozimetriju neutrona. U ovom radu će biti prikazani rezultati ispitivanja raspodele tragova po homogeno označenoj foliji linearnosti u funkciji doze neutrona i relativne osetljivosti na neutrone. Dobijeni rezultati će biti uporedjeni sa rezultatima koji se dobijaju sa folijama KODAK LR - 115 type I /od 6 μ/ i KODAK LR - 115 type II /od 12 μ/, čija je jedna od važnih namena detekcija i dozimetrija neutrona.

Izrada i obrada folija celuloznog nitrata

Od domaćeg celuloznog nitrata izradjene su folije NC - 650 i NC - 1800 sa pragom registrovanja alfa čestica od 3 MeV, srednje viskoznosti i srednjeg stepena nitracije, a po postupku koji je razradjen u Institutu za fiziku u Beogradu /5/.

Hemijski sastav proizvedenih folija je: 37% C, 4,8% H, 9,5% N i 48% O.[6]

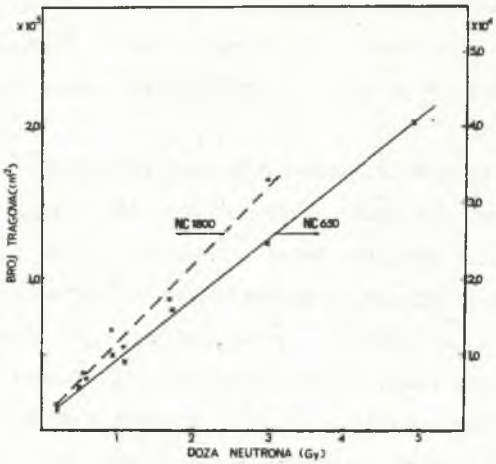
Da bi se tragovi naelektrisanih čestica učinili vidljivim, obrada folija domaće proizvodnje i KODAK LR - 115 vršena je na isti način; tretirane su 60 min. u 10% rastvoru NaOH na 60°C, ispirane destilisanom vodom i sušene na sobnoj temperaturi.

Merenje broja tragova vršeno je optičkim mikroskopom C. Zeiss, sa uvećanjem 16x40.

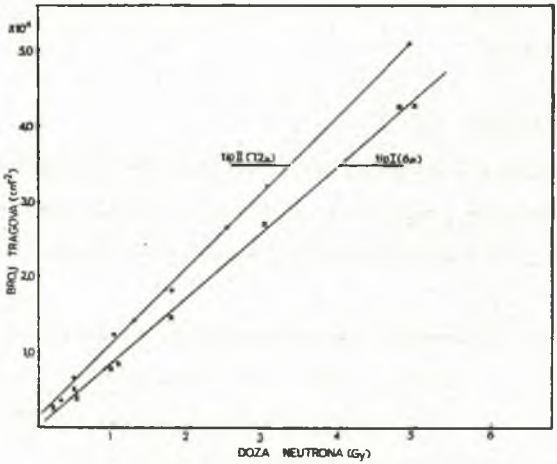
Raspodela tragova

Jedan od važnih uslova koje folije celuloznih nitrata moraju da zadovolje da bi se mogle koristiti za merenje fluksa, odnosno doza neutrona je da njihov odgovor na date uslove ozračivanja bude jednoznačan. To znači da je raspodela broja tragova po celoj površini homogeno ozračene folije ravnomerna.

Ispitivanje ravnomernosti raspodele broja tragova po po-



Slika 2. - Broj tragova po cm^2 u funkciji doze neutrona na celulozne nitrate domaće proizvodnje: x-NC 650, o-NC 1800



Slika 3. - Broj tragova po cm^2 u funkciji doze neutrona sa KODAK LR-115 folije x-type I /6 μ/, o-type II /12 μ/

radi eliminisanja uticaja termalnih neutrona.

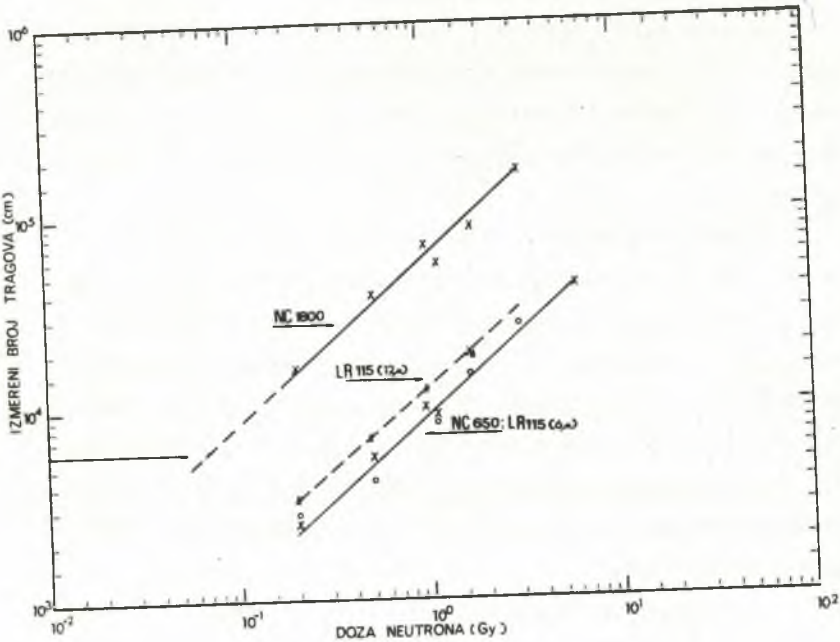
Na slici 2. prikazani su rezultati ispitivanja linearnosti izmedju izmerenog broja tragova po jedinici površine detektora i doze neutrona. Poredjenja radi, na slici 3. su prikazane odgovarajuće vrednosti dobijene za folije KODAK LR - 115 type I i type II.

Dobijeni rezultati pokazuju da za dati spektar neutrona NC - 650 imaju linearni odgovor u opsegu od 0,2 Gy do preko 5,0 Gy, što ukazuje na mogućnost njihove primene za ličnu dozimetriju u akcidentalnim situacijama. Sa slika 2. i 3. se vidi da je za NC - 650 rasturanje izmerenog broja tragova po jedinici površine od očekivanog veće nego u slučaju folija KODAK LR - 115. Ova pojava će se detaljnije ispitati, a za sada se smatra da uzrok može da bude nedovoljno standardizovan kvalitet folija domaće proizvodnje.

Visok fon /oko $0,6 \cdot 10^4$ tragova/cm^2/ i velika osetljivost na neutrone korišćenog spektra ograničavaju mogućnost primene folija celuloznog nitrata NC - 1800 na oblast 100 mGy - 3 Gy. Sa tačke gledišta lične dozimetrije ova oblast nije pogodna ni za rutinsku ni za akcidentalnu dozimetriju. Za ovu vrstu folija, odstupanje izmerenog broja tragova od očekivanog je veće nego za detektore NC - 650.

Relativna osetljivost na neutrone

Na slici 4. su prikazani odgovori svih korišćenih vrsta celuloznih nitrata u funkciji doze neutrona. Preglednosti radi, ova funkcionalna veza je prikazana u logaritamskoj razmeri. Sa slike se vidi da je za posmatrani spektar neutrona relativna



Slika 4. Izmereni broj tragova u funkciji doze neutrona: x - NC celulozni nitrati, o - LR-115 type I, Δ- LR-115 type II

osetljivost NC - 650 bliska osetljivosti KODAK LR - 115 type I /6,u/, dok je osetljivost NC - 1800 znatno viša.

Detaljnija analiza rezultata prikazanih na slici 4. pokazuje da relativna osetljivost ispitivanih celuloznih nitrata KODAK LR - 115 type I, type II, NC - 650 i NC - 1800 stoje u odnosu 1:1, 4:1, 1:7,1. Ovi odnosi se ne mogu uopštiti i na druge spektre neutrona, bez prethodne provere ili analize.

Z A K L J U Č A K

Preliminarni rezultati ispitivanja mogućnosti primene celuloznih nitrata domaće proizvodnje ukazuju da folije NC - 650 izradjene po metodi koja je postavljena u Institutu za fiziku, Beograd, treba da imaju slične karakteristike kao i folije KODAK LR - 115 type I /6 μ/ komercijalne proizvodnje. Dalja ispitivanja, koja bi se odnosila na standardnost kvaliteta, osetljivost detektora na neutrone različitih energija, povećavanja relativne osetljivosti dodavanjem različitih supstanci, treba da pruže podatke o pogodnosti korišćenja ovih detektora za ličnu dozimetriju u vanrednim situacijama.

Zahvalnica

Zahvaljujemo kolegama iz Instituta za fiziku, Beograd, na korisnim savetima i pomoći u toku rada na ovim ispitivanjima.

DETERMINATION OF SOME DOSIMETRIC PROPERTIES OF YUGOSLAVE PRODUCED CELULOSE NITRATE FOILS - Lj. Vasiljević, D. Veličković and I. Mirić

This paper gives the results concerning investigations of some dosimetric properties of NC - 650 and - 1800 foils made of cellulose nitrate produced in Yugoslavia. The results are compared with the corresponding one for the films KODAK LR - 115 type I /6 μ/ and type II /12 μ/.

The results obtained indicate that NC - 650 foils should have similar dosimetric properties as films KODAK LR - 115 type I, and that they are more convenient for neutron detection than NC - 1800.

BIBLIOGRAFIJA

1. D. Blanc, Proc. Internat. Summer School on Radiation Protection "Radiation Dosimetry", Vol. 2, Cavtat, 1970, IBK Bgd, 1971, str. 96

2. Tymons B. J, Tuyn I.W.N, Rep. CERN, HS-RP/008/PP, Aug. 1976.

3. Anne-Marie Chapuis, Rep. A.T.S.R, IXeme Congres sur le Controle des Rayonnements ionisants, Grenoble 15/18 avril 1975.

4. Fleischer, Price B, Walker R, "Nuclear Tracks in Solids", Principles & Applications, Univ. of California Press, Berkeley, 1975, str. 545

5. Atanasijević R, Simonović J, Vuković J, "Neke osobine čvrstih detektora i mogućnosti primene u autoradiografiji", Radovi VIII simp. JDZZ, Herceg Novi 1975.

6. Vuković J, Simonović J, Atanasijević R, "Nitroceluloza kao registrator alfa zračenja u autoradiografiji", intern. publ.

7. Mirić I, Mirić P, Veličković D, "Odredjivanje doza neutrona pomoću aktivacionih detektora", Radovi V JDZZ, Bled, oktobar 1970.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979 god.

Mirić P., Novković D.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča, Beograd

JONIZACIONA KOMORA OD VEM ZA POTREBE KALIBRACIJE DOZIMETRIJSKE INSTRUMENTACIJE

R E Z I M E

Analiza problema sekundarnih etalona za merenje jačine ekspozicione doze je pokazala da postoji potreba za razvojem pogodnih etalona koji bi omogućili lako prenošenje jedinice za ekspoziciju u toku procesa baždarenja dozimetrijskih instrumenata.

U radu je dat prikaz rešenja ovog problema na bazi jonizacionih komora od vazdušno-ekvivalentnog materijala za pokriva nje opsega jačine ekspozicija od 35 pC/kg.s do 7 mC/kg.s u intervalu energije od 60 keV do 3 MeV.

U V O D

Rad na baždarenju dozimetrijske instrumentacije za merenje jačina ekspozicionih doza je pokazao da postoji potreba za razvojem sekundarnih etalona koji bi omogućili lako i pouzdano prenošenje veličine i jedinice u različitim uslovima baždarenja. Na osnovu analize ovoga problema zaključeno je da bi najpogodnije rešenje sekundarnih etalona bilo sa jonizacionim komorama od bazdušno-ekvivalentnog materijala. Takvim rešenjem se postižu najpovoljniji uslovi u pogledu nezavisnosti etalona od energije zračenja, što se u većini slučajeva pokazalo kao najkritičniji problem koji treba rešavati.

VAZDUŠNO-EKVIVALENTNI MATERIJAL

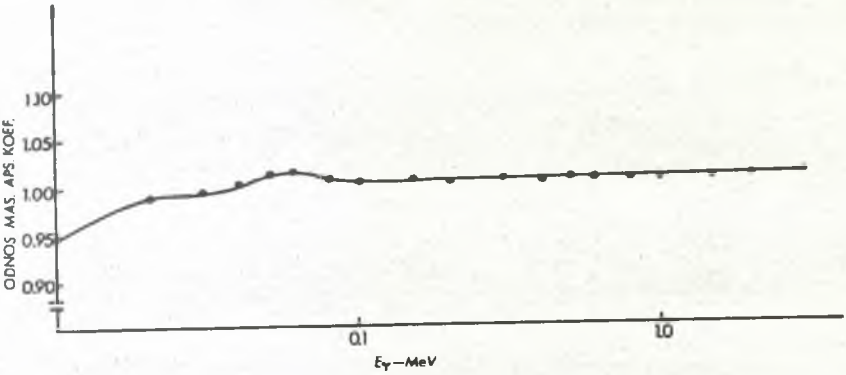
Materijal za izradu etalonih komora mora pored ekvivalentnosti vazduhu da poseduje i druge osobine koje osiguravaju

trajnost odredjenih svojstava etalonih jonizacionih komora. Da bi se očuvala stalnost zapremine i oblika materijal mora da bude čvrst, elastičan i otporan na deformacije i habanje. Treba da je pogodan za obradu da bi svi delovi mogli da se izrade tačno i na odgovarajući način. Ukoliko se odabere neprovodan materijal, nanošenje provodnog sloja mora da bude lako, a prijanjanje trajno. Što se tiče sastava, poželjno je da prisustvo elemenata težih od kiseonika bude relativno malo i ne veće od nekoliko procenata. Zastupljenost vodonika u visokom procentu takodje nije pogodno zbog pogoršenja vazdušne ekvivalentnosti u Compton-ovoj oblasti. Prema postojećem iskustvu, procentni sastav vodonika ne bi smeo na bude veći od 6%.

Uzimajući sve navedene zahteve u obzir i analizirajući raspoložive materijale, zaključeno je da najpogonije rešenje može da se dobije iz odredjenih smeša komercijalnih termoplastika. Posle prvih selekcionih proračuna ekvivalentnosti vazduhu, kao najpogodnija odabrana je smeša od 91% polikarbonata /$C_{16}H_{14}O_3/_n$ i 9% "E" stakla /54% SiO_2; 1% Al_2O_3; 1% Fe_2O_3; 1% N_2O_2+K_2O; 1% TiO_2; 15% CaO; 5% MgO i 8% B_2O_3/. Ova smeša se dobija mešanjem komercijalnih termoplastika: 55% Makrolon - 3100 Natural i 45% Makrolon - 8020 Natural.

Detaljna analiza ekvivalentnosti vazduhu je izvršena računskim putem odredjivanjem odnosa masenih a psorpcionih koeficijenata za navedenu smešu i za vazduh, u intervalu energije gama zračenja od 10 keV do 3 MeV. Rezultati proračuna su prikazani grafički na slici 1., a iz njih sledi da je odstupanje od ekvivalentnosti vazduhu u intervalu energije od 10 keV do 100 keV manje od 2,5%, a u intervalu energija 100 keV do 3 MeV manje od 1%.

Kako je odabrana vazdušno-ekvivalentna smeša električno neprovodni materijal, za delove koji treba da budu provodni napravljen je i ispitan vazdušno-ekvivalentni premaz koji se čvrsto i trajno vezuje za vazdušno-ekvivalentnu smešu i obezbedjuje potrebnu provodnost. Premaz ima sledeći sastav: 49 gr grafita, 5 gr Al, 7 gr Al_2O_3, 18 gr polistirena, 15 gr ekobonda 24 A i 7 gr ekobonda 24 B.



Slika 1. Odnos masenih apsorpcionih koeficijenata za VEM i vazduh u zavisnosti od energije gama zračenja

Izrada svih potrebnih elemenata od vazdušno-ekvivalentne smeše koja je izabrana za izradu jonizacionih komora, vrši se injekcionim livenjem, tako da u većini slučajeva nije potrebna njihova dorada.

OBLIK I ZAPREMINA JONIZACIONIH KOMORA

Definisanje oblika i dimenzija jonizacionih komora pre svega ima za cilj da se obezbede predvidjeni uslovi u pogledu opsega merenja jačine ekspozicione doze i energetske i ugaone zavisnosti.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva u baždarenju dozimetrijske instrumentacije pokazalo se potrebno da se sekundarnim etalonima obezbedi prenos veličine i jedinice u intervalu od 35 pC/kg.s do 7 mC/kg.s. Da bi se prekrio tako veliki interval i obezbedila neophodna tačnost u prenosu veličine i jedinice, potrebne su tri jonizacione komore različitih zapremina. Donje granice merenja za svaku komoru su ograničene jačinom struje koja nastaje jonizacijom u osetljivoj zapremini komore, a gornju granicu definiše rekombinacija koja treba da bude manja od 1%. Da bi se obezbedila

veza izmedju komora, predvidjeno je preklapanje opsega bar unutar jedne dekade. Podaci o opsezima i izračunatim zapreminama za jonizacione komore dati su u Tabeli 1.

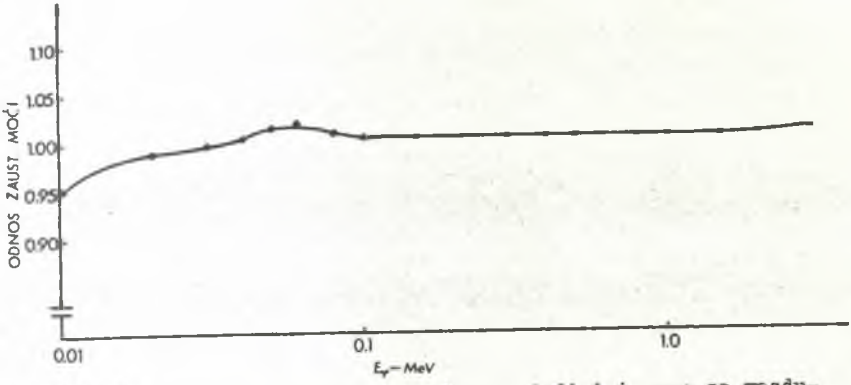
TABELA 1.

Zapremina osetljivog dela komora - cm^3	Opseg merenja C/kg.s
1	$7.10^{-7} - 7.10^{-3}$
150	$7.10^{-9} - 7.10^{-5}$
3000	$35.10^{-12} - 7.10^{-8}$

Najpovoljnije rešenje oblika komore u vezi sa zavisnošću od energije i upadnog ugla zračenja je sfera. Međutim, zbog teškoća u izradi takvog oblika odlučeno je da komore budu cilindrične sa ravnom osnovom i sfernim vrhom, pri čemu je aksijalni presek komora, bez sfernog dela kvadrat. Ovakvim oblikom se uslovi energetske i ugaone zavisnosti ograničavaju na prostor definisan izvan ugla od 120° u odnosu na aksijalnu osu komore.

Na osnovu izloženog sledi da se potrebne zapremine komora od 1, 150 i 3000 cm^3 postižu ako su prečnici cilindričnog dela osetljivih zapremina 1 cm, 5,3 cm odnosno 14,4 cm, a ukupna visina cilindričnog i sfernog dela 1,5 cm, 8 cm odnosno 21,6 cm.

Debljina zida komore je odredjena iz proračuna odnosa apsorbovane energije po jedinici mase vazdušno-ekvivalentne smeše i vazduha. Dobijeno je, kao što se sa slike 2. vidi, da za debljinu zida od 2 mm hod sa energijom u predvidjenom intervalu ne prelazi 2%.



Slika 2. Odnos apsorbovane energije po jedinici mase za vazdušno-ekvivalentnu smešu i za vazduh u zavisnosti od energije gama zračenja

Z A K L J U Č A K

Opisane jonizacione komore od vazdušno-ekvivalentnog materijala mogu da obezbede sadašnje potrebe za sekundarnim etalonima u postupku baždarenja dozimetrijske instrumentacije.

Prikazana rešenja omogućavaju da se za određivanje jačine ekspozicione doze, merenjem struje jonizacije, koriste standardni uredjaji za merenje malih struja bilo diferencijalnom bilo integralnom metodom. U prvom slučaju je neophodno raspolagati precizno definisanim radnim otporima, a u drugom kondenzatorima.

AIR EQUIVALENT IONIZATION CHAMBER STANDARDS FOR DOSIMETRY INSTRUMENTS CALIBRATION - An analysis concerning secondary standards for exposure rate measurements has shown that corresponding standards should be developed, which make possible a convenient transfer of exposure units for calibration of dosimetric instruments.

This paper deals with a solution based on air equivalent ionization chambers which covers the exposure rate range between 35 pC/kg.s and 7 mC/kg.s for gamma rays of energies between 60 keV and 3 MeV.

B I B L I O G R A F I J A

1. L.V.Spencer, F.H.Attix; Rad.Res. 3, 237, 1955
2. U.Fano; Phys.Rev., 93, 1172, 1954
3. D.Novković; "Merenje ekspozicionih doza gama-zračenja vazdušno ekvivalentnom komorom", Magistarski rad, IBK-392, 1965
4. G.Joyet, E.Hugentøblerand, A.Mysyrowicz; Helv. Phys. Acta 34, 414, 1961
5. Krongauz N.M. et al., Medicinskaja Radiologijy 8, 72, 1963
6. D.Novković, P.Mirić, R.Ilić, Radovi IX simp. Jugosl. društva za zaštitu od zračenja, Jajce, 1977

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29,30,31.V. i 1.VI.1979.

A.M.Koturović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

OSVRT NA ELEKTRONSKE DIGITALNE LIČNE DOZIMETRE

Daje se prikaz elektronskih digitalnih ličnih dozimetara. Preko blok-šema izneti su osnovni principi njihovog funkcionisanja. Izdvojeni su karakteristični detalji. Svestrano su prikazane karakteristike interesantne za njihovu upotrebu, a posebno se razmatra kada se oni mogu, s obzirom na karakteristike, da koriste najefikasnije.

1. U V O D

Ličnome dozimetru pored zahteva za odredjenim kvalitetom u pogledu mernih karakteristika, postavlja se nekoliko bitnih operativnih zahteva: da ima male dimenzije, da poseduje mogućnost jednostavnog očitavanja registrovane doze a da sigurno zadržava podatak o registrovanoj dozi do očitavanja.

Lični dozimetar elektrometarskog tipa ("penkalo"-dozimetar) posedovao je takve osobine te je suvereno vladao i vlada domenom ličnih dozimetara u svojoj klasi. Svaki elektronski lični dozimetar analognog tipa bio bi samo složeniji, mnogo veći a ne bi nosio poboljšane karakteristike.

Samo elektronski lični dozimetar digitalnog tipa koji bi registrovanu dozu prikazivao cifarski mogao je da bude u nekim osobinama bolji od elektrometarskog dozimetra. Pre svega bi bio tačniji i jednostavniji za očitavanje, pa bi se očitavanje moglo i brže obavljati, zatim za očitavanje ne bi bio potreban angažman ruku pa ni prekid tekućeg posla, a očitavanje bi se moglo obavljati i u lošim svetlosnim uslovima ako bi cifre svetlele, itd.

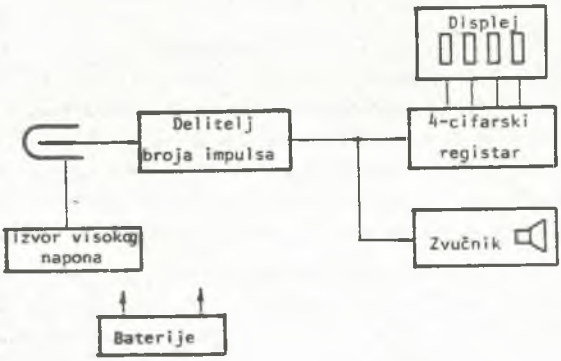
Male dimenzije, u pravome smislu "džepne" razmere, kao zahtev koji se postavljao ličnim dozimetrima bile su osnovni razlog zašto se elektronski lični dozimetri dugo nisu pojavljivali. Tranzistori - takoreći vršnjaci savremene nuklearne tehnike, omogućili su da se vrlo rano pojave džepni indikatori brzine doze. Medjutim, kada su bila u pitanju digitalna kola sa tranzistorima,pre

svega zbog potrebne struje napajanja, to nije moglo da se ostvari a i problem elektronskog cifarskog displeja bio je nerešiv za "džepni" uredjaj.

Tek je najsavremeniji razvoj tehnologije elektronskih komponenata u domenu digitalne tehnike koji je rezultirao u vidu "velikih integrisanih kola" sa minimalnom potrošnjom i cifarskih displeja od "svetlećih dioda" ili "tečnih kristala" - omogućio da se realizuju elektronski lični dozimetri u pravome smislu reči, a da bi bio po upotrebljenoj tehnologiji blizak familiji elektronskih uredjaja gde se nalaze i svima poznati džepni kalkulatori i digitalni ručni časovnici.

2. OSNOVNI PRINCIPI

Osnovna blok šema elektronskog digitalnog dozimetra prikazana je na slici 1. Kako se vidi, kao detektor se upotrebljava GM cev. Impulsi koje GM cev u polju zračenja daje dovode se na ulaz deljitelja broja impulsa. Zadatak ovoga kola je da na svome izlazu da impuls tek kada je GM cev generisala onoliki broj impulsa koji odgovara izabranoj najmanjoj količini doze za registracije, na primer 1 mR. Taj impuls koji odgovara izabranoj najmanjoj akumuliranoj dozi za registraciju, dovodi se na ulaz višecifarskog registra i tu biva dodat ranije upisanom broju već pre prispelih impulsa. Broj registrovanih impulsa, a time i ukupna akumulirana doza, očitava se na cifarskom displeju koji je vezan za registar i to u jedinicama



Sl.1

koje su odredjene deliteljem broja impulsa. To je najčešće u mR ili R. Razume se da to nije problem da se prikaz daju u Gy ili mGy.

Nije teško zaključiti da je gornja granica akumulirane doze odredjena brojem cifara u višecifarskom registru. To su najčešće trocifarski ili četvorocifarski registri koji dozvoljavaju da se registruje do 999 odnosno 9999 osnovnih jedinica: mR, R, ili dr.

Na osnovnoj blok šemi prikazan je i izvor zvučnih signala. Do pojave kratkog zvučnog signala dolazi svaki put kada se u dozimetru akumulira jedna izabrana osnovna jedinica doze. Ovaj sistem zvučnog oglašavanja, iako nije obavezno prisutan u svim elektronskim čigitalnim dozimetrima, veoma je pogodan jer upozorava korisnika o rastu doze a učestanošću pojavljivanja govori orijentaciono i o brzini porasta doze, tj. informiše o brzini doze.

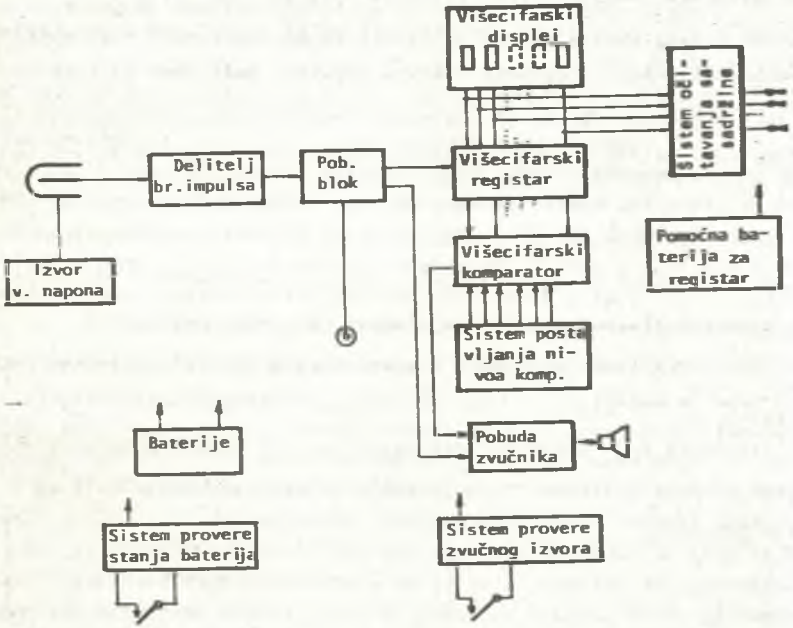
Kao izvor napajanja u elektronskim digitalnim dozimetrima koriste se baterije. To mogu da budu i odgovarajući akumulatori. Osnovni zahtev koji se tome izvoru napajanja postavlja jeste da ima dovoljan kapacitet da bi dozimetar mogao dovoljno dugo kontinualno da bude uključen. Integrisana kola male potrošnje koja se u gradnji ovakvih dozimetara koriste, dozvoljavaju da i obične baterije mogu da obezbede dovoljno dug rad. Najveći potrošač je ovde, medjutim, višecifarski displej od poluprovodničkih svetlećih dioda - ako je takav displej korišćen. U slučaju kada je displej sa poluprovodničkim diodama upotrebljen, tada se radi uštede potrošnje očitavanje vrši samo na zahtev korisnika: pritiskom na odgovarajući taster. Taj problem se u zadnje vreme rešava korišćenjem cifarskog displeja sa elementima od tečnog kristala. Tu je potrošnja zanemarljivo mala i displej može da funkcioniše svo vreme rada dozimetra.

Obavezan element dozimetra ove vrste je izvor visokog napona koji je potreban za rad GM cevi. To je konvertor koji od jednosmernog napona baterije ostvaruje potreban visoki napon. Tu su osnovni problem dimenzije potrebnih komponenata i efikasnost takvog konvertora. Savremenom tehnologijom, medjutim, i ovi problemi se rešavaju uspešno.

3. KARAKTERISTIČNI DETALJI

U prethodnom poglavlju razmotreni su elementi koji su obavezni deo elektronskih digitalnih dozimetara - uz izuzetak zvučne indikacije. Korisno je upoznati medjutim, i neke detalje koji su

karakteristični za pojedine tipove ovakvih dozimetara. Blok šema dozimetra u koju su ti detalji uneti prikazana je na slici 2.



Sl.2

Zadatak pobudnog kola koje je stavljeno iza delitelja broja impulsa, jeste da obezbedi potrebnu snagu za pobudu višecifarskog registra, zvučnog izvora, i da omogući vezivanje spoljašnje veze koja dozvoljava da se vrši daljinska registracija doze na isti način kao što se ona vrši n dozimetru. Na taj način se može pratiti i sa nekog kontrolnog mesta akumuliranje doze na posmatranom radnom mestu i na pogodan način intervenisati ako je to potrebno.

Višecifarski komparator omogućava, sa sistemom za postavljanje nivoa komparacije, da se dobije zvučni signal alarma kada registrovana doza predje unapred postavljen nivo. Razumljivo, taj signal je drugog oblika od onoga koji se redovno javlja pri akumuliranju jedinice registrovane doze - on je obično kontinualan.

Pomoćna baterija za višecifarski registar napaja samo vi-

šecifarski registar i stalno je uključena. Ona na taj način obezbedjuje da se sadržina višecifarskog registra ne gubi pri isključivanju dozimetra, tj. pri isključivanju glavne baterije napajanja. Znači da je ovakvim sistemom moguće pratiti akumuliranje doze do kojeg dolazi u više navrata - u različitim vremenskim periodima. Na primer, u toku diskontinualnog izlaganja zračenju u jednoj sedmici ili mesecu ili slično.

Da bi se svakoga trenutka mogla izvršiti gruba provera ispravnosti dozimetra unosi se u njega i sistemi provere funkcionisanje zvučnog izvora i stanja glavne baterije.

Sistem elektronskog očitavanja sadržine registra je karakterističan detalj od velikog značaja za obradu podataka o registrovanim dozama. Taj sistem dozvoljava da se elektronskim putem očita sadržina višecifarskog registra i zabeleži u pomoćnom registracionom sistemu. Pri tome se sadržina registrovana u dozimetru može da ostavi ili posle čitanja da se automatski briše, u zavisnosti od programa obrade.

Karakterističan detalj koji je od interesa u slučaju kada se predvidja da intenzitet polja u kome se obavlja merenje doze može naglo da poraste na vrlo velike vrednosti jeste antisaturacioni sistem ili sistem indikacije saturacije. Takav element treba da obezbedi da dozimetar i u polju koja je van opsega predvidjena za njegov pravilan rad funkcioniše na odgovarajući način: da registruje ekvivalentnu maksimalnu predvidjenu dozu ili označi da se dozimetar nalazi u polju van njegovog mernog opsega. Treba napomenuti da je ovaj detalj najmanje ugradjivan u dosada proizvodjene dozimetre.

4. KARAKTERISTIKE

Osnovne karakteristike na tržištu raspoloživih digitalnih elektronskih dozimetara odredjene su detektorom koji se u njima upotrebljava. To je GM cev, pa su oni namenjeni za merenje doza u polju X ili gama zračenja. Radni energetski opseg se definiše od oko 50 KeV do 1,2 ili 1,5 ili 3 MeV, u zavisnosti od toga koju grešku je proizvodjač prihvatio da deklariše ili kakvu korekturu karakteristika GM cevi je proveo pogodnim oklapanjem.

Tabelarni pregled karakteristika nekih od elektronskih digitalnih dozimetara dozvoliće da se uvid u te karakteristike najjednostavnije dobije. Za izabrani skup dozimetara karakteristike

su prikazana u tabeli I.

Što se tiče dimenzija one se kreću u okviru od oko 8x4x14 cm, a sa težinom od oko 150 gr. Može se očekivati da će dalji tehnološki razvoj komponenata dozvoliti da se dimenzije i težina i dalje smanjuju da bi i elektronski digitalni dozimetar postao u budućnosti "penkalo" - dozimetar.

5. ZAKLJUČAK

Sada kada su upoznate sve glavne karakteristike elektronskih digitalnih ličnih dozimetara mogu se doneti i izvesni zaključci o tome kada je pogodno ovakve lične dozimetre koristiti. Pre svega, oni su pogodni kada se radi o relativno kratkotrajnom akumuliranju doze - na primer, za višednevne doze, jednodnevne doze ili kraće. Zatim pogodni su u slučajevima kada je odmah potrebno znati veličinu primljene doze, i isto tako kada treba tokom izlaganja zračenju, tj. tokom rada u polju zračenja stalno pratiti akumuliranu dozu da bi se utvrdilo dostizanje dozvoljene tj. planirane granice, ali i da bi se odmah otkrila eventualno neočekivano ili nekontrolisano povećanje doze, te da bi se trenutno intervenisalo. Pošto su odmah po uključivanju spremni za rad, ovakvi dozimetri su pogodni za hitne intervencije. Naravno, njihovi maksimalni kapaciteti i minimalna osetljivost odredjuju opseg primenljivosti, ali videlo se da on u posmatranim primerima obuhvata ono što se upravo i može smatrati opsegom doza koje se mogu primiti u toku hitnih interventnih radova. Razumljivo je da zbog mogućeg "brisanja" - namernog ili slučajnog, ovo ne bi trebalo da bude jedini lični dozimetar već operativni, kontrolni, zašta je mnogostruko pogodan.

Mogućnost automatskog elektronskog očitavanja sadržine dozimetra daje mu poseban značaj u sistemu brze automatske obrade informacija uz pomoć računara i predstavlja veoma važnu osobinu elektronskih digitalnih dozimetara. Ova mogućnost uz dalje poboljšanje karakteristika dozimetara ove vrste - pre svega zaštite od zasićenja i signalizacije premašenja - učiniće da se može očekivati u bliskoj budućnosti njihova sve šira primena.

TABELA I.

PREGLED KARAKTERISTIKA NEKIH DOZIMETARA

Tip instrumenta	Merni opseg	Energetski opseg	Tačnost	Radni temperaturni opseg	Displej	Alarmni nivoi	Život baterije
National Panasonic: ZP-110D	(999 mR?)	50 KeV - 3 MeV	±14%	0-50°C	3 cifre (LED)	da	14^h (Accu)
Wallac: RAD-21	0,1-999,9 mR (1-9999 mR)	50 KeV - 3 MeV	±15% ±20% (energ. zav.)	-20 do +50°C	4 cifre (LED)	da(6)	200^h
Munchener Apparatebau: DOS-A	1-999 mR	50 KeV - 1,5 MeV	±14%	-15 do +50°C	3 cifre (LCD)	da(po 1 mR)	3 nedelje
Nuclear Associates Inc:Prima V	1-999 mR	* * *	±15% (za 80 KeV)	* * *	3 cifre (LED)	nema	400^h
Technical Associates: PDR-1a	0-9999 mR	60 KeV- 1,2 MeV	±20% (^{60}Co)	* * *	4 cifre (LED)	da	3000^h (pomoćna, 7 godina)

SUMMARY:

The short review of electronic digital personal dosemeters is given. Functional diagrams illustrate the principles of operation. The characteristic details are explained. The specific features for their application presented. The situation when this type of dosemeter is the most suitable are discussed.

6. LITERATURA

1. K.F.Sinclair, W.J.Heiman
   Subminiature Digital Ratemeter and Dosimeter Using Mos Technology, Health.Physics, v.27, July 1974, str.97-102.

2. Prospekti Firmi; National Ponasonic, Wallac, Münchener Apparatebau, Associates Inc., Technical Associates, Xetex Inc.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac, 29, 30, 31.V 1979.

Slobodan Ignjatović
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović"

UREDJAJ ZA ODREDJIVANJE VREMENA RADIOGRAFSKE EKSPOZICIJE POLUTALASNOG RÖ APARATA

REZIME. Prikazuje se konstruktivno rešenje uredjaja za obrtni radiogram ekspozicije polutalasnog rendgen aparata. Uredjaj omogućuje da se na filmskoj traci utvrdi broj emitovanih polutalasa. Primenom činjenice da RÖ cev emituje samo 1/100 sekunde u toku jednog ciklu, može se izračunati efektivno vreme zračenja prebrojavanjem crnih i belih polja na obrtnoj filmskoj traci.

CILJ RADA. Pregledom stomatoloških rendgen aparata utvrdili smo da se u praksi daju različita vremena za snimanje zuba. Ta vremena variraju od 1 do 4 sekunde. Vreme eksponiranja je konstrukcijom RÖ aparata odredjeno mehaničkim časovnikom. Pregledom snimljenih filmova utvrdili smo nejednak kvalitet zubnih radiograma. U cilju ispitivanja uzroka ove pojave rešili smo da prvo proverimo tačnost vremena ekspozicije.

TEORISKA OSNOVA. Polutalasni rendgen aparat emituje snop X zračenja u rafalima i to samo u periodu kada je anoda pozitivno naelektrisana. To znači da u jednoj sekundi pri prolasku naizmenične struje kroz kolo RÖ aparata, moguće je dobiti X zrake samo svake druge poluperiode. Kako jedna poluperioda traje 1/100 sekunde, to će u toku cele sekunde protoka struje kroz strujno kolo RÖ aparata, X zračenje biti emitovano samo 50 x 1/100 sek, odnosno svega pola sekunde.

KONSTRUKTIVNO REŠENJE. Da bi smo snimili svaki pojedini rafal X zračenja koji traje 1/100 sekunde rešili smo da filmsku traku obrćemo na jednom valjku dovoljno brzo iza otvora na olovnoj blendi. Tako će se na razvijenom filmu dobiti svetle i tamne linije /Sl. 1/. Rešenje mehanizma koji je pri-

kazan na Sl. 2 dao ing Stevan Ćurčić. Naime elektro motor snage od 30 wati obrće disk ploču od olova. Prečnik diska je od olova. Poklopac je u toku rada motora nepokretan a ima prorez 01 x 10 mm za propuštanje snopa X zračenja. Broj obrtaja motora se može podešavati tako da se dobije jedan obrtaj za 4, 3, 2 ili jednu sekundu a po potrebi i za kraće vreme.

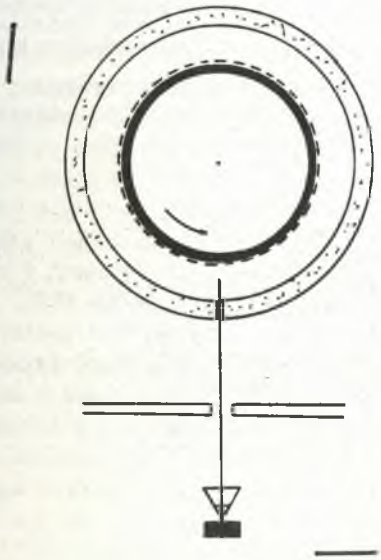
EKSPERIMENTALNI RAD. Filmska traka je sečena iz table radiografskog filma u trakama 10 x 340 mm. Traka je u mračnoj komori zalepljena na obim diska od olova. Takodje u mraku stavljamo olovni poklopac i tako spremljen uredjaj stavljamo na 20 cm od Rö cevi. Najpre pustimo u rad elektro motor uredjaja za snimanje trake, a zatim aktiviramo Rö aparat.Potrebno je da vreme obrtanja jednog kruga bude nešto duže od očekivanog vremena zračenja. Nakon eksponiranja film se u mračnoj komori izvadi i razvije.

REZULTATI: Snimili smo više desetina eksponaža na zubnim i dijagnostičnim Rö aparatima. Na priloženim slikama vidimo izgled linija i mogućnost njihovog tačnog prebrojavanja. Tako smo na jednom aparatu dobili 93 linije što odgovara ukupnom vremenu eksponiranja od 2 sekunde, dok je sam aparat na mehaničkom časovniku markirao 3 sekunde. U drugom slučaju dve uzastopne eksponaže na istom aparatu dale su različit broj linija, naime na prvoj eksponaži 8 linija a u drugoj 6 linija.

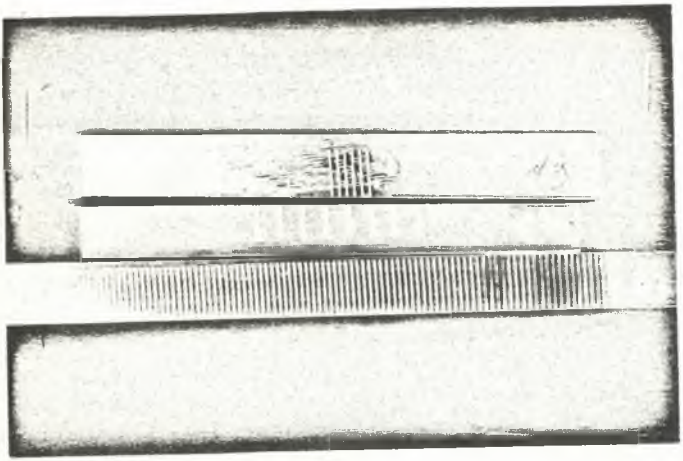
ZAKLJUČAK. Metoda merenja vremena ekspozije je poznata. U našoj zemlji je o tome već pisano /Petrovčić, Zagreb/. Ovo rešenje je samo nov prilog ovom poslu, ali ima prednost da može poslužiti za različita vremena ozračivanja. Iz dobijenih radiograma tehničar može izvesti zaključak o stabilnosti vremenskih prekidača i izvesti zaključak zašto dobija jednom bled film a drugi put crnji. Posebno u dozimetriji zračenja može se ispitivati linearna zavisnost izmedju izmerene doze i vremena eksponiranja.

Zahvaljujemo se ing.Stevanu Ćurčiću na strpljivom traženju konstruktivnog rešenja, i višem Rö tehničaru A.Milačiću na saradnji pri ozračivanju filmova.

Obrtni deo i zaštitni poklopac uredjaja.



Šematski prikaz obrtnog radiograma.



Linije na obrtnom radiogramu.Radiogrami označeni brojem 13 su realizovani pod istim kondicijama rendgen aparata a prikazuju različit broj linija.Radiogram označen brojem 8 ima 93 linije što znači da je ekspozicija trajala 93 x 1/100 sekunde.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac,29-3o-31.V 1979.

Slobodan Ignjatović
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović"

KONSTRUKCIJA JONIZACIONE KOMORE ZA MERENJE JONIZACIJE U SLOBODNOM VAZDUHU STVORENE PROLASKOM FOTONA ENERGIJE 20 DO 400 keVa.

SADRŽAJ.Daje se prikaz konstruktivnog rešenja jonizacione komore sa slobodnim vazduhom,izradjene u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović.Komora je namenjena merenju malih ekspozicionih doza zračenja reda 10^{-7}C po kg vazduha,proizvedenih prolaskom fotona X zračenja efektivne energije od 20 do 400 keVa.

Cilj rada je da se u laboratorijskim uslovima kontrolišu ternski instrumenti kojima se meri X zračenje kod dijagnostičkih rendgen aprata čija efektivna energija može imati vrednosti od 20 do 400 keVa.U tom cilju autor ovoga teksta je prišao teoriskoj obradi uslovnih elemenata,i nakon izrade dve eksperimentalne komore manjih dimenzija, od kojih je jedna na Prirodnomatematičkom fakultetu u Beogradu,a druga u institutu za nuklearna istraživanja u Fontenay aux roses,prišao je izradi dalje opisane komore. Teorijski osnovi konstrukcije komore date su u radovima Taylora i Brag-Greya.

OPIS KOMORE.Komora je sistem od tri kondenzatorska bloka (skica 1).Blokovi su sastavljeni od plan paralelnih ploča.Svaka ploča ima oblik kvadratne površine 500 x 500 mm.Ivice ploča su oborene radi ukrućenja čitave površine. Luk oborene ivice ima radijus 5 mm (detalj A na sl.2). Razmak izmedju ploča suprotno naelektrisanih iznosi takodje 500 mm,a razmak izmedju susednih ploča istog naelektrisanja iznosi o,1 mm.

Čvrstina konstrukcije obezbedjena je šasijom od kutijastih cevi dimenzija 30 x 30 mm.Šasija ima oblik pravouglog paralelepipeda čija spoljna dimenzija iznosi 16o5 x 660 x 660 mm (sl.3).Šasija je sa spoljne strane obložena aluminijumskim limom.Ova šasija je uzemljena posebnim

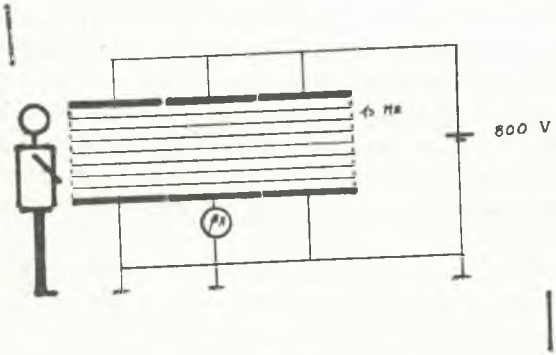
uzemljenjem van uzemljenja elktro mreže.Nogare visine 120 cm podižu šasiju komore na potrebnu visinu.

Čelo komore,tj površina paralelepipeda koja se okre će snopu X zračenja ima pričvršćenu železnu ploču dimenzije 400 x 400 mm.Presek dijagonala ove ploče nalazi se na prese ku dijagonala čeone površine ploče.U preseku ovih dijagonala nalazi se kružni otvor R= 100 mm.U ovaj otvor se postavljaju specijalne blende različitog promera.Zadatak ovih blendi je da definišu presek snopa zračenja.

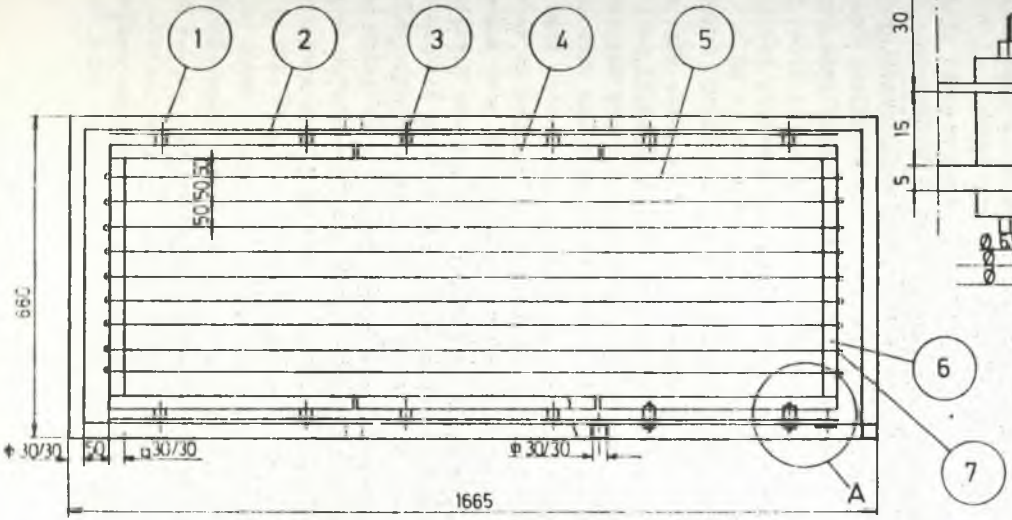
Zadnja strana komore,tačno na preseku dijagonala ima rupicu na aluminijumskom limu.Ova rupica služi kao zadnji nišan za podešavanje duže ose komore u pravcu centralnog zra ka X snopa.

Za visinsko podešavanje na nogarama komore postoje vijci kojima je moguće podešavanje visine komore i njene ko aksijalnosti sa centralnim zrakom snopa X zračenja.

DELITELJ NAPONA.U cilju obezbedjenja stepenastog pada napona od ploče pod naponom do suprotne ploče koja je uzemljena.Izmedju kondenzatorskih ploča,na krajevima,postavljena su četri stuba od pertineksa.Ovi stubovi se nalaze u prednjem i zadnjem kondenzatorskom polju i nose lanac od 10 otpornika,svaki po 1 Mom.Izmedju dva susedna otpornika izvuče na je obvojnica od nhrdjajućeg provodnika.Obvojnica obuhvata sva tri kondenzatorska sistema po horizontalnoj liniji stva rajući tako ekvipotencijalne površine.(sl 1 i 3).

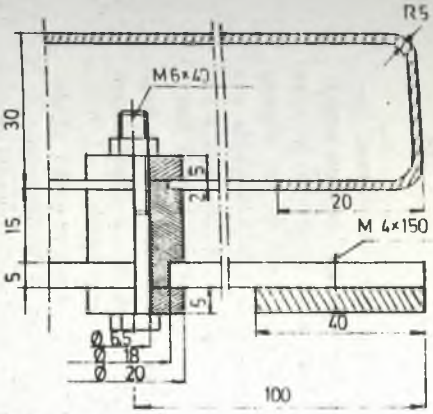


sl. 1



JONIZUJUĆA KOMORA /bočni izgled/

M = 1:10



DETALJ „A"

M = 1:1

Izolacija celog sistema i izolacija svake ploče pojedinačno proverena je Om-metrom i pokazalo se da su donje ploče imale kratak spoj.Razdvajanje je obezbedjeno umetanjem teflonskim diskovima debljine ol mm.

Konačno,cela komora je rasturena,zatim svaka ploča i svaki teflonski izolator opran u alkoholu i zatim u gumenim rukavicama sklapana.

PROBNA MERENJA.Sa eksperimentalnom blendom (R=60mm) srednja komora ima kolektoraku zapreminu V=1750 mililitara. U probnom radu pod snopom gamma zračenja radijuma 226 dala je rezultate sa greškom ne većom od 6%.Smatramo da usavršavanje blende i regulisanjem vlažnosti vazduha može početna greška da se smanji još za 2%.Komora je u razradi više od 10 godina, a već je 5 godina kako pokazuje stabilnost u odnosu na zračenje iz radijuma 226 ,te ohrabruje rad na njenom daljem usavršavanju.Na dosadašnjem ispitivanju samopregorno je učestvovao ing Stevan Ćurčić radi čega izražavam posebnu zahvalnost.Takodje laboratoriji "Sutjeske" dugujem zahvalnost za izradu vanserijskog modela.

ZAKLJUČAK.U nedostatku deviznih sredstava za kupovinu komparativne komore može se izgradnjom ovakve konstrukcije doći do zavidnog iskustva o uticajnim parametrima pri merenju jonizacije vazduha.Ako nam vreme dozvoli predložićemo rad na poboljšanju prvih karakteristika.

BIBLIOGRAFIJA.

Taylor,Radiac.Instrument.J.Sc.Instrument 29,315 (1952)
NBS (Handbook)51
Barker-General Handbook for radiation monitoring,Los Alamos Sciantific Lb Contract 7455 rep 1838
Taylor ,Brit Radiol 24,67 (1951)

THE USE OF A HELIUM-3 FILLED PROPORTIONAL COUNTER AS A SENSITIVE DOSE OR DOSE EQUIVALENT METER

A. C. Lucas

The Harshaw Chemical Company
Solon, Ohio

Summary

When properly processed, the pulses resulting from fast neutron interaction in a high pressure, helium-3 proportional counter can be used to form the basis for a sensitive dose or dose equivalent meter. Such a system has been constructed from commercially available NIM modules. The system has been tested using neutrons having energies in the range 0.2 to 18 MeV. The counting rate is such that 1 microrad of 1 MeV neutrons can be measured with a precision of 0.1 microrad. The background counting rate is of the order of 1 microrad/hr.

Introduction

Sensitive, fast neutron area monitors which are not sensitive to gamma rays are important to nuclear power reactor, high energy particle accelerator and medical cyclotron environs. While many neutron detectors have been devised in the past, few are directly sensitive to fast neutrons and, at the same time, insensitive to gamma rays.

The helium-3 proportional counter has undergone continuous development in recent years. It is presently possible to fabricate such counters which operate at pressures up to 10 atmospheres with volumes of 3 to 4 liters and useful lives of more than a decade. The counters are normally used to detect slow neutrons by way of the energy deposited in the counter as a result of stopping the reaction products of neutron capture:

$$n + He^3 \rightarrow H^3 + p + 0.76\ MeV \qquad (1)$$

At higher energies the reaction products carry the additional kinetic energy imparted to the nucleus by the incoming neutron. This feature of the reaction has given rise to several neutron spectrometers based either on analysis of the spectrum directly or on combined analysis of the proportional counter spectrum placed in judicious coincidence with solid state detectors.

Consideration of the relatively large amounts of helium gas which may be sealed in the counter and the similarity between the cross sections for stopping neutrons in hydrogen and helium-3, leads to the suggestion that absorbed dose in tissue or dose equivalent may be inferred from the pulse height spectrum.

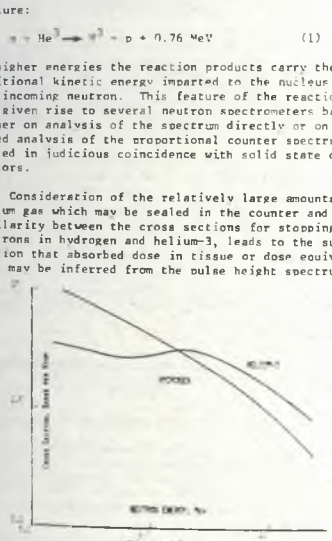


Figure 1

Fast neutron cross sections for hydrogen and helium-3.

Figure 1 shows the cross sections for neutron interaction with helium-3 and hydrogen, a major constituent of tissue and the element dominating energy deposition in tissue by neutrons. The cross sections are similar in magnitude in the fast neutron energy range.

Figure 2 shows the pulse height spectrum for a helium-3 proportional counter in a 1.2 MeV neutron beam. The spectrum is dominated by the single peak produced by slow or thermal neutrons interacting with the gas in the counter. Shown in the same figure on an expanded scale is the spectrum of events attributable to higher energy neutrons. The spectrum of events at higher energies is not highly resolved since not all particles are completely stopped in the gas.

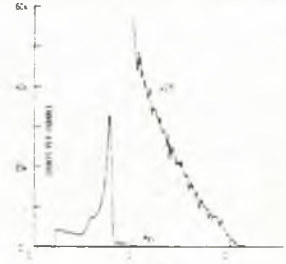


Figure 2

Typical pulse height spectrum for helium-3 proportional counter.

A method which has not been widely used in area radiation dosimetry may be used to infer the dose equivalent from the spectrum of energy depositions in helium-3. The method is based on finding a suitable, energy dependent algorithm for computing, pulse-by-pulse, on the detector spectrum to find the dose equivalent. A suitable approach has been formulated mathematically and instrumentally in previous work[1] for determining gamma ray exposure using a sodium iodide scintillation detector and for determining neutron dose using a tissue equivalent gas proportional counter.

The total energy deposited in the proportional counter may be computed by multiplying the pulse height, V, by the number of pulses, N, having that height and summing over the spectrum. The absorbed dose, in turn, is computed by dividing the energy deposited by the mass of gas included in the counter.

$$D = \frac{A \sum N \cdot V}{M} \qquad (2)$$

Equation (2) has the disadvantage that it includes large amounts of energy deposited in the counter by gamma rays and slow or thermal neutrons. It is possible to advantageously bias the algorithm by incorporating a discriminator near the slow neutron peak and subtracting the Q-value for the reaction.

$$E = \frac{A\sum_{V1}^{V2} N\cdot(V-Q)}{M} \qquad (3)$$

The algorithm may be further modified to incorporate an energy dependent function which produces energy independent correspondence with dose equivalent.

$$H = \frac{A\sum_{V1}^{V2} g(V-Q)\cdot N\cdot(V-Q)}{M} \qquad (4)$$

System Description

The algorithm of Equation (4) may be generated in real time using the system shown in the block diagram of Figure 3. The system incorporates commercially available modular electronics. The preamplifier operates with an output signal of 1.0 volts/picocoulomb. The proportional counter is operated at a high voltage such that a gas gain of the order of 25 to 100 results. The main amplifier is an automatic gain controlled amplifier. It is set to stabilize on the thermal neutron peak in the spectrum which is always present in practical situations. RC time constants in the main amplifier are set for 2 microseconds as a compromise between charge collection efficiency and dead time for counting.

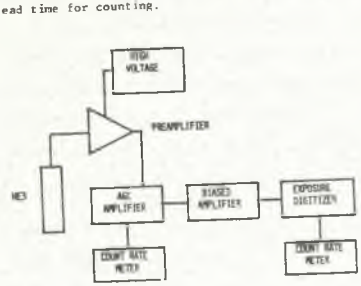


Figure 3

Block diagram of measuring system.

The biased amplifier is set at gain 1.0 and a bias equal to the height of the thermal neutron peak in the spectrum. This connection has the effect of outputting a pulse (V-Q) in magnitude for each pulse, V, high at the input of the amplifier. In calibrating the system to operate in the range 0-10 MeV, the main amplifier is set to lock onto the thermal neutron peak at 0.76 volts bias.

The output of the biased amplifier is connected to the charge digitizer. The function of the latter module, described in reference 1, is to measure the height of each pulse in a digital way and to provide more or less weight, g(V-Q), to larger pulses in order to condition the energy dependence of the system. If g(V-Q) is properly chosen, the energy dependence will be small for all energies.

Counters were constructed from stainless steel tubing having .018-inch thick walls. Anode wires had diameters of .001 inch for 1-inch diameter counters and .002 for 2-inch diameter counters. Two percent by partial pressure carbon dioxide was added in order to increase the probability of stopping fast reaction product particles. Counters were fitted to Amphenol Type HN connectors and operated from a positive high voltage power supply with a.c. coupling to the preamplifier.

Experimental Procedure

Neutrons were generated using a Van Der Graaf generator to accelerate neutrons or protons onto deuterium or tritium. 2 MeV particles were used in each case. Protons directed onto tritium provided neutrons in the energy range 0.2 to 1.2 MeV. Deuterons directed onto a deuterium target provided neutrons in the energy range 1.9 to 5.2 MeV and deuterons directed onto a tritium target provided neutrons in the energy range 12.8 to 18.6 MeV.

Absorbed dose in tissue was determined using a spherical, tissue equivalent proportional counter. The counter was operated into an electronic system similar to that shown in Figure 3. The counter calibration was derived from knowledge of the diameter of the counter and the stopping power of an internal curium-244 alpha particle source. The calibration was checked against a known americium-beryllium neutron source and found to be accurate.

System Performance

Figure 4 shows spectra accumulated using a pulse height analyzer connected to the output of the main amplifier of Figure 3. Spectra are shown for widely differing neutron energies. In each case the mean energy is greater for greater neutron energy. This is a necessary condition for operating on absorbed dose with the nonlinear function g(V-Q) of Equation 4.

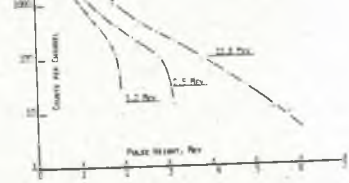


Figure 4

Typical fast neutron spectra.

Figure 5 shows the energy dependence of the system with respect to dose equivalent. Data were accumulated using the charge digitizer system of Figure 3. The function of g(V-Q) was one for these tests. That is to say, the digitizer was operated in its linear mode.

The data of Figure 5 indicate that within reasonable limits, an instrument can be constructed using linear electronics of equation (3) which operates independently of neutron energy in the range 0.2 to 20 MeV. Some slight adjustment of the energy dependence could be effected using the non-linear function of Equation (4), but this has not been done to date.

Since the number of pulses produced by slow neutrons is normally much greater than the number of pulses produced by fast neutrons, the probability of pulse pileup is quite great. In order to reduce such effects a 0.5mm cadmium shell was placed around the counter for these experiments. Further, while long amplifier clipping time constants are useful in achieving high pulse height resolution in the spectrum, short shaping time constants are more favorable for high rate operation. For these experiments a time constant of 2 microseconds was used. Using this arrangement, the system was found to be linear to at least 9 rem/hour for 16 MeV neutrons and a 14 inch counter having a diameter of 1 inch and filled at 6 atmospheres of helium-3.

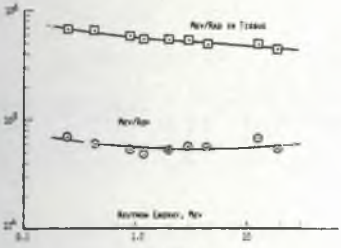


Figure 5

Energy dependence of the system when used to determine absorbed does in tissue or dose equivalent.

The dependence of indicated dose rate on angle of orientation of the counter with respect to the neutron beam was measured using neutrons having energies of 0.9 MeV. The counter was found to operate independently of orientation to within 5 percent except for direct end-on irradiation where the thick insulator assemblies reduced the response by 30 percent.

The randomness of the measurement at small dose rates is a function of both sensitivity of the counter and sampling time. In order to find an estimate of this limiting value, the counter described above was operated at a very low dose equivalent rate of 0.3 mrem/hour. Using sampling times of 50 seconds for repeated tests, a dose equivalent of 2.4 microrem was measured with a standard deviation of 1.6 microrem. The linearity of calibration factors with mass of gas included in the detector was tested using three small counters described in Table 1.

TABLE 1

Test of sensitivity for different counters.
All counters are 1 inch in diameter.

Length, in.	P. Atm.	Rel. Mass of Gas	Rel. Sens.
14	6	1.0	1.0
12	2	0.29	0.21
6	2	0.14	0.09

The relative sensitivities were determined using 18.6 MeV neutrons. There is approximate correlation between sensitivity and mass of the included gas. The correlation is sufficiently good to permit estimation of the least detectable rate for counters having differing sizes and fill pressures. Based on the above data, the least detectable rate for a 100 second sampling time and a randomness of one standard deviation is:

$$R_{\odot} = \frac{0.4}{D^2 \cdot L \cdot P} \quad \text{Millirem/hour} \qquad (5)$$

where D is the counter diameter in inches
L is the counter length in inches
P is the helium-3 fill pressure in atm.

Application of this relation indicates that a hand held survey meter could be built having a 1-inch diameter counter 6-inches long and filled to 6 atmospheres of helium-3 which would exhibit a randomness of 0.23 millirem/hour. At the alternate limit, a 2-inch diameter counter 72-inches long and filled to 3 atmospheres could be used to measure to a randomness of 0.01 millirem/hour in 100 seconds.

Conclusions

The helium-3 proportional counter can be used in the system described here to infer dose equivalent for neutrons having energies in the range 0.2 to 20 MeV with sufficient accuracy for radiation safety purposes. The system has advantage in:

1. Durability
2. Sensitivity
3. Stability against temperature and HV changes
4. Built in calibration and stabilization on pulse height

Its primary limitation is in its inability to accurately infer dose equivalent for intermediate energy neutrons. Further study of the system will be directed at that portion of the spectrum.

References

1. A. C. Lucas and R. M. Shoffner, "A Stabilized Scintillation Crystal System for Monitoring Gamma Ray Exposure in the Environment," IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-23, 699 (1976).

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Aranđelovac 29.V.- 1.VI.1979. god.

R.G.Radovanović
Medicinski fakultet-Institut za biofiziku,Beograd
M. Džambasević
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović"-Beograd

KOEFICIJENT UNIPOLARNOSTI JONA U VAZDUHU

Kratak sadržaj. U ovom radu dati su preliminarni rezultati određivanja koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu pri različitim higijenskim stanjima.Istovremeno dati su i podaci o nekim meteorološkim parametrima koji utiču na vrednost ovog koeficijenta.

Uvod

Higijenski značaj koncentracije jona u vazduhu očavno je poznat(1). Eksperimentalna istraživanja(2,3,4) su pokazala da stvaranje jona oba znaka u vazduhu mogu izazvati zračenja koja imaju energiju od $5,6.10^{-13}$ J .

Nastali par jona može pod različitim uticajima preći u neutralno stanje. Ova pojava naziva se rekombinacija i njena brzina je:

$$- dn^{+}/dt = -dn^{-}/dt = \alpha\, n^{+} n^{-} \qquad \ldots (1)$$

gde su: n^{+} i n^{-} koncentracije pozitivnih i negativnih jona u vazduhu a α - koeficijent rekombinacije.

Koeficijent unipolarnosti(q) definisan kao količnik koncentracija pozitivnih i negativnih jona u vazduhu zavisi od meteoroloških parametara (atmosferski pritisak, temperatura, relativna vlažnost, smer kretanja vazdušnih masa itd.) (1,2,5).

Određivanje koeficijenta unipolarnosti

Koeficijent unipolarnosti definisan kao :

$$q = n^{+}/n^{-} \qquad \ldots (2)$$

određuje se merenjem koncentracije pozitivnih i negativnih jona u vazduhu. Većina uređaja za merenje ovih veličina zasniva se na aspiracionoj metodi sa cilindričnim kondenzatorom (1,5,6).

U ovom radu za merenje koncentracije jona korišćen je jonometar MGK-01BK 208310 B koji je zasnovan na primeni cilindričnog kondenzatora. Protok vazduha koji se koristi za merenje je $2,5.10^{-3}$ $m^{3}s^{-1}$a brzina ulaznog vazduha 1,6 m s^{-1}.

Prilikom merenja jonometar se po pravilu postavlja normalno na smer strujanja vazduha.

Aparatura je podešena za graničnu pokretljivost jona od $7,5.10^{-5}$ $m^{2}V^{-1}s^{-1}$, čime su teški joni isključeni.

Rezultati merenja

Naša preliminarna merenja vršili smo na 5 različitih lokacija u predgrađu Beograda po 4 dana u toku 4 uzastopne nedelje. Podaci o tim merenjima i određenom koeficijentu unipolarnosti dati su u tabeli 1.

Tab. 1

Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu

Stanje	p (Pa)	T (K)	RV (%)	$10^6 n^-$ j m^{-3}	$10^6 n^+$ j m^{-3}	q	n (broj merenja)
1.	99886	280,0	58	138± 18	208± 25	1,24± 0,21	16
2.	98555	294,0	70	280± 21	367± 33	1,31± 0,15	16
3.	100019	294,0	60	170± 8	265± 19	1,56± 0,24	16
4.	99420	295,0	58	216± 21	356± 39	1,65± 0,18	16
5.	99615	296,0	59	151± 26	394± 27	2,61± 0,41	16

Stanja 1,2,3,4 i 5 data u tabeli 1 su :

1. Slobodan prostor na visini 1,7 m iznad tla.
2. Vazduh u prostoriji zapremine 504 m^3 koja je pre merenja provetrena.
3. Vazduh u prostoriji kao u stanju 2 ali sa prisutnih 4o osoba.
4. Vazduh u navedenoj prostoriji ali bez provetravanja.
5. Vazduh u stanju kao pod 4 ali sa prisutnih 4o osoba.

Zaključak

Koeficijent unipolarnosti (q) očigledno zavisi od higijenskog stanja vazduha, ili bolje reći on je pokazatelj tog stanja.

Imajući u vidu da postoji jasno izražena sezonska promenljivost koncentracije jona u vazduhu (1,2,3)to naši rezultati ukazuju na kompleksnost ovih veličina i u toku jednog meseca.

Literatura:

1. A.A.Minx: Ionizacija vozduha i ee gigieničeskoe značenie.M.1963.
2. S.Ja. Pšežeckij,M.T. Dmitriev: Radiacionie fiziko-himičeskie processi v vozdušnoj srede.M. 1978.
3. A.von Engel : Jonizovani gasovi, Beograd, 197o.
4. R. Sproul: Sovremennaja fizika , M.1961.
5. R.Radovanović,D.Hajduković: Neke radijacione karakteristike životne sredine na Zlatiboru. IMRRZ, Beograd, 1972.
6. Trudi II vsesojuznogo simpoziuma po atmosfernomu električestvu. Leningrad, 1973.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zracenja - Arandjelovac, 29,30,31.V. i 1.VI.1979.

Slobodan JANKOVIĆ,
Marko M. POPOVIĆ,
Institut za fiziku, Beograd

PROBLEMI DOZIMETRIJE OPTIČKOG ZRAČENJA

Kratak sadržaj

Za dozimetriju optičkog zračenja koriste se radiometrijske jedinice. U našoj zemlji ne postoje legalni radiometrijski standardi ni metode. Metoda razvijena za odredjivanje snage zračenja plazme na odredjenoj talasnoj dužini može se uspešno primenuti u dozimetriji optičkog zračenja.

Čovek se adaptirao na prirodno zračenje koje ga okružuje i prema kome je formirao svoja čula. Razvoj civilizacije i tehnike sa svojim uredjajima poremetio je prirodni ambijent pa i ambijent u smislu elektromagnetnih talasa. Zato je neophodno utvrditi doze iznad kojih taj poremećaj može izazvati privremeno ili trajno štetno dejstvo. Kada je reč o optičkom zračenju - IC vidljivo i UV zbog njihovog specifičnog dejstva zavisno od talasne dužine neophodno je, pored klasične kvantitativne doze (energija po jedinici površine ili zapremine zračenju izloženog biološkog materijala), strogo voditi računa i o talasnoj dužini zračenja. Recimo, dve veoma bliske UV linije živine lampe niskog pritiska 313 nm i 297 nm imaju više nego pedeset puta različito biološko dejstvo pri istoj energiji zračenja (1).

Optičko zračenje se većim delom apsorbuje na samoj površini materijala pa se stoga za kvantitativnu jedinicu uzimaju:

energija po jedinici površine ($J \cdot cm^{-2}$ ili $J \cdot m^{-2}$) ili snaga na jedinicu površine ($W \cdot cm^{-2}$ ili $W \cdot m^{-2}$), dakle, radiometrijske jedinice. Poznato je da se u svetotehnici koriste fotometrijske jedinice, pa je i njihovoj standardizaciji i održavanju posvećena veća pažnja.

Tako su u Saveznom zavodu za mere i dragocene metale, s obzirom da do sada u našoj zemlji nije obezbedjen legalni svetlosni standard, preduzete mere "da se u što kraćem roku omogući reprodukcija i distribucija tačnih mera svetlosnih veličina" (2). Pri tome pod svetlosnim veličinama podrazumevaju se fotometrijske, a ne radiometrijske jedinice.

S druge strane, u nizu laboratorija fizike plazme poznavanje izračene energije u pojedinim delovima optičkog spektra, osnovni je preduslov dijagnostike. Zbog toga su razvijene metode merenja i standardi zračenja. Tako je u Institutu za fiziku za potrebe Saveznog zavoda za mere i dragocene metale razvijeno crno telo na tački očvršćavanja zlata, koje može da posluži kao primarni etalon optičkog zračenja (3).

Posedivanja standarda bez razvijene metode prenošenja standarda nije od velikog značaja, pa je pre svega za potrebe dijagnostike plazme razvijena metoda merenja spektralne radijancije (spektralnog energetskog sjaja - spectral radiance) (4). Ta metoda se može uspešno primeniti i za odredjivanje doza optičkog zračenja.

<u>Radijancija</u> (energijski sjaj) N emitujuće površine je energija koju jedinici vremena i u jediničnom prostornom uglu emituje jedinica površine u pravcu normalnom na površinu. Veličina

N izražava se u jedinicama $|W\ m^{-2}\ sr^{-1}|$. Kada se radi o tačkastom izvoru, umesto veličine N definiše se intenzitet (jačina) zračenja I $|W\ sr^{-1}|$ - energija koju tačkasti izvor emituje u zadatom pravcu u jedinici vremena u jediničnom prostornom uglu.

Ako sa $N(\lambda;\ \lambda+d\lambda)$ označimo deo totalne radijancije koji se izrači u spektralnom intervalu $(\lambda;\ \lambda+d\lambda)$, može se definisati veličina

$$N(\lambda) = \frac{N(\lambda;\ \lambda + d\lambda)}{d\lambda}$$

koja se naziva spektralna radijancija (spektralni energijski sjaj) i izražava se u jedinicama $|W\ m^{-2}\ sr^{-1}\ m^{-1}|$. Spektralna radijancija je, prema tome, energija koju u jedinici vremena u jediničnom, prostornom uglu i u jediničnom intervalu talasnih dužina emituje jedinica zračeće površine u pravcu normalnom na površinu. Na analogan način može se definisati i veličina $I(\lambda)$ - spektralni intenzitet zračenja za tačkasti izvor.

Izloženost zračenju ili doza He definiše se kao energija zračenja po jedinici površine $|J \cdot m^{-2}|$. Lako je uočiti da izmedju ove dve veličine razlika je u geometrijskom faktoru (prostorni ugao) i vremenu koje se sa svoje strane može nezavisno meriti. Prema tome citirana metoda može se uspešno koristiti za odredjivanje doza zračenja u ma kom uskom spektralnom području optičkog zračenja.

S.Janković
M.M.Popović

Problems of optical radiation dosimetry

Abstract

Radiometric units have been used in optical radiation dosimetry. A method for determination of radiation power at a given wavelength developed in plasmas physics can be applied in optical radiation dosimetry.

REFERENCE:

1. SLINEY, D.H. in "Current problem and concerns of the Health Physicist" Vol. 1, Ed.by P.D.MARKOVIĆ, str. 311, 1977, IBK Beograd
2. VUKMANOVIĆ, S. "Razvoj merenja svetlosnih veličina" Zbornik radova sa Simpozijuma "Osvetljenje 78", str. 125, IKO Beograd.
3. JELENKOVIĆ, B. "Realizacija IPTS-68 iznad tačke zlata", magistarski rad, PMF-IF, 1977, Beograd.
4. UROŠEVIĆ, V., MIOČ, D., POPOVIĆ, M.M., Metrologija, Vol. 1, No.2, str. 1, 1974.

I simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31V. i 1.VI1979.

T.Anovski*, P.Drašković**, J.Naumoski*, P.Kirkov* i D.Kačurkov***

* Centar za primena na radioizotopi vo stopanstvoto-Skopje
** Institut za nuklearne nauke "B.Kidrič"-Vinča-Beograd
*** Fakultet za fizika - Skopje

PRIMENA IZOTOPSKIH TEHNIKA KOD RADIOEKOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Pokazano je da simultana primena distribucije nekih prirodnih izotopa i inektiranje veštačkih radioizotopa te upotreba neutronske aktivacione analize može biti efikasan prilaz kod studije radioekologije rečnih sistema. Distribucija prirodnih izotopa (H-3, C-14, SD, SO-18 i dr.) bila je određivano u precipitatima površinskih i podzemnih voda u nekim područjima gde reka Vardar prolazi, sa ciljem utvrditi njihove međusobne relacije. Inektiranjem veštačkih radioizotopa J-131 i Br-82 utvrđeni su brzine filtracije i pravci kretanja podzemnih voda donjeg Pologa. Upotrebom neutronske aktivacijske analize određivana je distribucija pojedinih elemenata (La, Sb, Zn, Fe, Co, Sc i dr. kao analozi za odgovarajuće radionuklide) duž reke Vardara. Obradom podataka iz pomenutih analiza utvrđeni su: Distribucioni koeficienti pojedinih elemenata u vodama reke Vardara te ukazano je na njihov mogući uticaj na okolinu.

UVOD

Sve većim razvojem nuklearne tehnologije i energetike raste i broj instaliranih nuklearnih postrojenja, a samim tim i mogućnost ispuštanja radioaktivnih otpadaka u čovekovoj životnoj sredini.

Utvrđivanje radioekoloških karakteristika pojedinih reka pa i čitavih slivova je od izvanrednog značaja naročito za ona područja gde već ima ili se planira izgradnja nekog nuklearnog postrojenja. Imajući u vidu perspektivno sve jasniju orientaciju naše republike ka izgradnji nuklearnih električnih centrala, mi smo se sa sve većom pažnjom posvećivali problemima radioekološke prirode čija složenost traži kompleksniji prilaz njihovog razrešavanja.

Za razliku od mnogih autora koji su parcijalno prilazili problemima radioekologije (1-3) mi smo u našem radu, pored utvrđivanje distribucionih koeficijenata za pojedine elemente (kao analozi

za odgovarajuće radionuklide) u površinskim vodenim tokovima uključili i hidrološka istraživanja povezanim sa utvrđivanjem međuodnosa površinskih i podzemnih voda okolnog podzemlja što u mnogome može da doprinese apriori u prognoziranju distribucije pojedinih radionuklida ispuštenih u okolinu sa mogućim uticajem na šira regionalna područja.

Ova istraživanja djelumično pomognuta od strane MAAE-Međunarodna agencija za atomsku energiju (preko istraživačkog projekta IAEA RC 2031/RB),koja traju već niz godina su od velikog značaja naročito pri definiranju među odnosa komponenata prisutnim u Vardarskom hidro sistemu,tim više što se na Vardaru planira jedna od mogućih lokacije za izgradnju prve nuklearne elektrane u Makedoniji sjedne strane i formiranje fige od dvadeset veštačkih akumulacionih jezera različitih namena (za hidro energiju,snabdevanjem vodom navodnjavanje i dr.) s druge.

METODOLOGIJA RADA

a) Analiza prirodnih izotopa

Radi ustanovljavanja relacije izmedju precipitata,površinskih i podzemnih voda pološke,skopske i krivolačke regije,određivana je prirodna distribucija H-3,C-14,zatim odnosi stabilnih izotopa $^{18}O/^{16}O$, D/H i dr.u vodama od interesa.Zakonita raspodela pomenutih izotopa u hidrološkom ciklusu vode omogućava razrešavanje i najkompleksnijih hidroloških problema (4-6).

Obzirom na niske prirodne koncentracije tritijuma i C-14 u ispitivanim vodama,vršili smo obogaćivanje elektrolizom odnosno sintezu do benzola,respektivno,te merili smo ih na tečnom scintilacionom brojaču TRICARB M-3320,proivod firme Backard.

Odnosi stabilnih izotopa u vodenim uzorcima mereni su uz prethodnu pripremu na Masenom spektrometru M 602C proizvod firme WG MICROMASS.

b) Inektiranje veštačkih radioizotopa

U cilju utvrđivanja filtracionih brzina i pravci kretanja podzemnih voda pološke regije vršeno je inektiranje veštačkih radioizotopa u nekim piezometrima donjeg Pologa.

Filtracijske brzine određivane su na bazi dobro poznate eksponencijalne zavisnosti opadanja intenziteta zračenja inektira-

nog radioizotopa od brzine filtracije.

Upotrebom direkcionih sonda određivani su i privelegovani pravci kretanja podzemnih voda, dajući na taj način velik doprinos u ustanovljavanju režima povezanosti podzemnih voda, sa površinskim, izvorskim i drugim.

c) Neutronsko aktivacijske analize

Primenom aktivacione analize određivane su koncentracije pojedinih elemenata (Hg, Zn, Sc, Fe, Co, La i dr.) duž reke Vardara (merni punktovi označeni su na sl.1) u komponentama vodenog sistema (voda, suspendovani materijali i materijali dna) kao i u uzorcima okolnog zemljišta.

Uzorci su pripremani na standardni način (7) i ozračivani termalnim neutronima na RA reaktoru u Vinči. Koncentracije elemenata su određivani upotrebom relativne metode.

Distribucioni koeficienti, indicirajući karakteristike distribucije pojedinih elemenata u komponentama vodenog sistema mogu se izračunati na bazi ranije određivanih koncentracija, upotrebom sledeće formule:

$$F_{(x,y)} = \frac{C_x(E)}{C_y(E)}$$

gde:

$C_x(E)$-koncentracioni parametar nekog elementa E u komponenti x vodenog sistema dat u g/g ili ppm.

$C_y(E)$-koncentracioni parametar nekog elementa E u komponenti y vodenog sistema dat u g/g ili ppm.

$F_{(x,y)}$ distribucioni koeficient elementa E za komponente x i y u isti vodeni sistem.

Koncentracijski parametri (C_x) pretstavljaju parcijalne koncentracije pojedinih elemenata u komponentama ispitivanog vodenog sistema u funkciji vremena i prostora dok distribucioni koeficient indicira postojeću raspodelu elemenata u komponentama datog sistema.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati analize voda na sadržaj prirodnih izotopa za pojedina merna mesta prikzana su u Tabeli -1.Na bazi ovih merenja bilo je veoma lako razdvojiti duboke arterske vode u ložačkoj kotlini (veoma siromašne u pogledu tritijumskog sadržaja i starije od 30god) od plitkih podzemnih voda u istom regionu od kojih ove poslednje su u direktnoj vezi sa vardarskim vodama.

Ova konstatacija bila je potvrđena inektiranjem veštačkih radioizotopa u nekim piezometrima za praćenje podzemnih voda donjeg Pologa,pri čemu su dobijene filtracione brzine u granicama od 8.10^{-6} ÷ $4,26.10^{-5}$ m/s i pravci kretanja ka Vardaruiod reke Vardara ka podzemlju sa vrednostima između 38^{0} i 175^{0}.

U skopskoj kotlini kao i u krivolačkom polju imamo gotovo sličnu situaciju područja gde podzemne vode hrane reku Vardar i obrnuto.

Vrednosti distribucioni koeficienata izračunati na bazi koncentracijskih parametara f,s,m i t,gde f-pretstavlja koncentraciju poedinih elementa rastvoren u vodi, s- u suspendovanom materijalu, m- materijalima dna i t- u okolno zemljištu dati u ppm , a za uzorkovanje izvršenu u oktobru 1977 god. prikazani su u Tabeli 2.Iz ovih podataka može se videti raspodela praćenih elemenata u pojedinim komponentama reke Vardara ukazujući na mesto njihove akumulacije i mogućnost njihove pojave u vodama podzemlja obzirom na evidentnost direktnog komuniciranja površinskih voda sa vodama podzemlja što je bilo konstantovano napred pomenutim analizama.

ZAKLJUČAK

Na bazi prezentiranih rezulatata i diskusije možemo konstatovati da simultana primena određivanja distribucije prirodnih izotopa u vodama od interesa i inektiranje veštačkih izotopa uporedo sa primenom aktivacione analize kao osetljive analitičke metode je efikasan put ka utvrđivanju radioekoloških karakteristika pojedinih hidro sistema.Ovde svakako treba dodati neophodnost uključivanja i drugih istraživanja kao što su geološka i sl.

Uključivanjem u ova istraživanja i živu materiju kako iz vodnog sistema tako i izvan njega,može samo potvrditi jednput pretpostavljeni kao mogući putevi transporta radionuklida(ispuštenih

u površinskim vodama) da Čoveka a na osnovu podataka dobijeni pra-
ćenjem vode u njenom hidrološkom ciklusu.

ABSTRACT

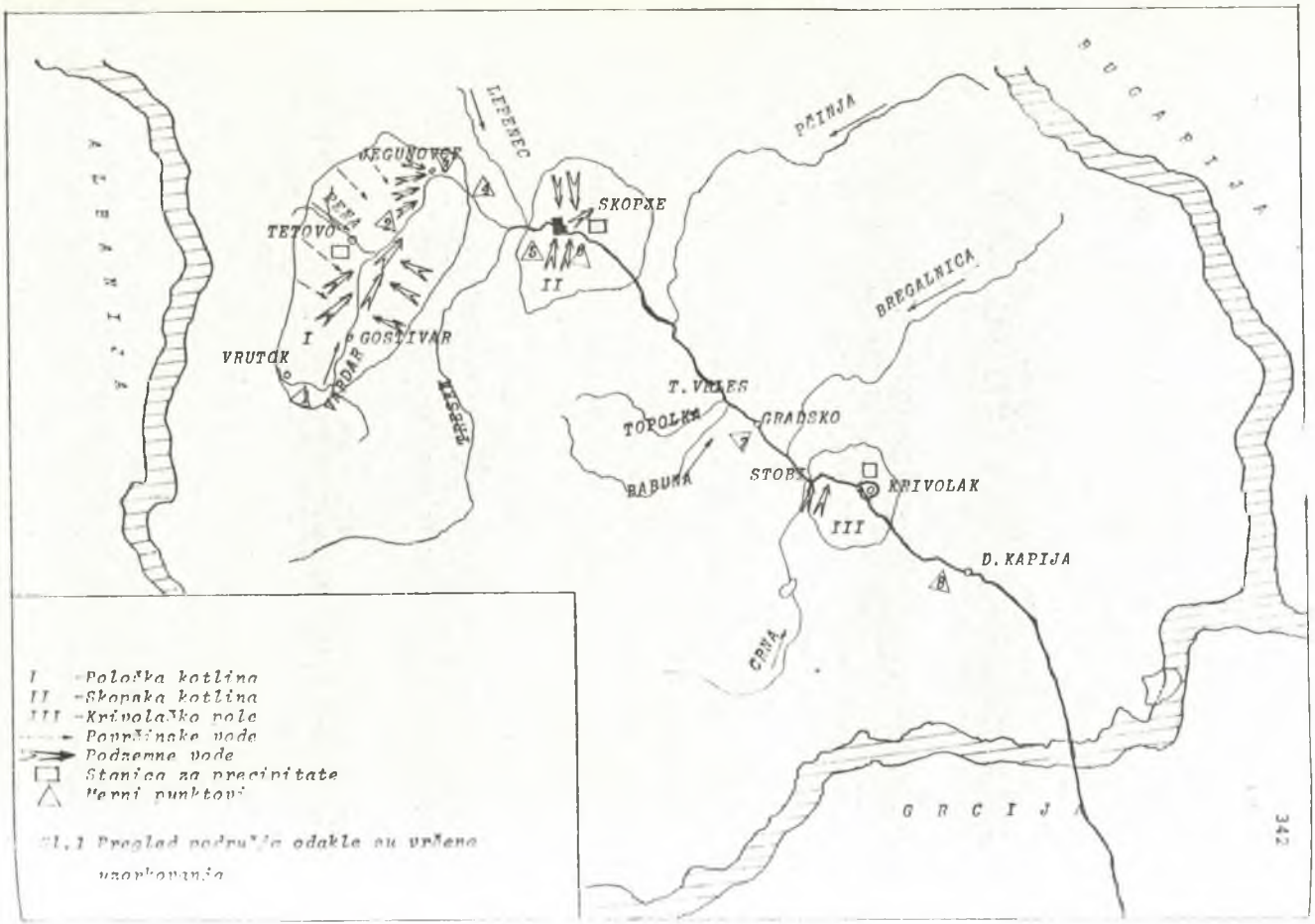
It has been shown that simultaneous application of natural isotope distribution and injection of artificial radioisotopes as well as neutron activation analysis can be an efective approach in the study the radioecology of river systems. Natural isotope (T-3, C-14, O-18 and dD) distribution in precipitates, surface and underground waters of some areas through which Vardar river is passing have been determined in atempt to find out the relation between different waters. By injection of artificial radioisotopes Br-82 and J-131 the direction and flow rate of some underground waters in lower Polog were determined also. Using neutron activation analysis the distribution of La, Sb, Zn, Fe, Co, Sc and Eg as analogous for the radioactive isotopes, have been determined along the Vardar river. From these data, the distribution coefficients for individual element were calculated showing in the same time their possible influence to the environment.

Zahvalnica

Koristimo priliku da se zahvalimo MAAE (Međunarodnu Agensiju za Atomsku Energiju) na dielumičnu pomoć kod uvođenja izotopskih tehnika u našim laboratorijama stvarajući na taj način bazične uslove za kompleksna radioekološka istraživanja.

REFERENCI

1. Proc. IAEA Symp. Nuclear Techniques in Environmental Polution 1971, VIENNA
2. RUTTIL R. Proc. on Symp. "Radioecology Applied to the Protection of Man and His Environment" EUR 4800 d-f-i-e, Vol I, p. 745 1972. LUXEMBURG
3. FURNICA GE. et al. IAEA 2nd Research Coordination meeting on "The problems of radioecology of the Danube river, 21-24 November 1978, Austrija, VIENNA.
4. "Isotope Techiques in Graundwater Hydrology" IAEA, Proc. Of a Simp. Vol I, Vol II, 1974, VIENNA
5. Third International Symposium of underground tracing-3 SUWT, September 27-October 1, 1976, Ljubljana-Bled.
6. Isotope Hydrology "Proceedings of an International Symp. 19-23 June 1978, Neuherberg, Germany Fed. Rep.
7. T. ANOVSKI, P. DRAČKOVIĆ, P. KIRKOV, Primena Aktivacione analize kod radioekoloških istraživanja. Konferencija o korišćenju nuklearnih reaktora u Jugoslaviji, maj 1978, BEOGRAD.



Sl.1 Pregled područja odakle su vrđene uzorkovanja

TAB.br.1

Srednje godišnje koncentracije prirodnih izotopa u vodenim uzorcima Pološkog, Skopskog i Krivolačkog regiona za 1977 god.

Regija istraživanja	priroda uzoraka	lokacija	^{3}H TU*	^{18}O %	D %	^{14}C % modern
Pološka kotlina	sneg	Šar pl. 1850 m.	115±10	-10,13	-65,1	
	padavine-kiša	Tetovo	130±10	- 3,8	-16,8	
	plitke podzemne vode	Jegunovce	120±10	-	-	
	arteriske vode		1,5±0,5	-11,0	-70,9	
	površ. vode r. Vardar	Tetovo	110±10	-11,0	-72,2	
Skopska kotlina	padavine-kiša	Skopje	130±10	-3,52	-15,3	
	plitke podzemne vode	Skopje-sever	-	-7,2	-59,0	
	plitke podzemne vode	Skopje-centar	-	-9,6	-72,0	
	površ. vode r. Vardar	Skopje	105±10	-9,5	-71,5	
Krivolačko polje	padavine	Krivolak	106±10	-5,5	-	
	plitke podzemne vode		103±10	-8,3		65,55
	površ. vode r. Vardar		92±9	-8,8	-	54,60

* 1 $TU = \frac{T}{10^{18}\ 10H}$

TAB.br.2

Distribucioni koeficienti za pojedine elemente u nekim komponentama Vardarskog rečnog sistema

element	distr. koef. \ merno mesto	1	2	3	4	5	6	7
Hg	F(s,f)*	0,3	1,6	a	47,9	5,2	17,9	3,9
	F(m,f)	0,8	0,9	a	28,9	3,8	4,6	0,8
	F(t,f)	0,5	1	2,4	12,1	1,6	11,8	2,3
Zn	F(s,f)	1,0	0,9	1,4	2,2	2,3	2,1	a
	F(m,f)	a	0,3	a	0,9	6,5	0,7	a
	F(t,f)	0,7	0,2	0,7	0,5	0,7	0,8	
Sc	F(s,f)	56,5	40,8	30,0	91,6	115,6	78,4	238
	F(m,f)	64,7	36,8	31,6	10,4	115,9	108,2	156,7
	F(t,f)	49,8	29,6	39,1	37,6	146,4	36,8	76
Co	F(s,f)	a	7,9	a	a	a	64,6	a
	F(m,f)	a	4,8	a	a	a	53,1	a
	F(t,f)	a	4,5	a	a	a	16,9	a
La	F(s,f)	23,5	8,6	6,2	a	19,0	38,6	39,8
	F(m,f)	23,3	6,0	82,5	a	25,5	4,7	23,3
	F(t,f)	14,9	5,1	1,5	a	25,7	28,1	10,8
Sb	F(s,f)	0,5	1,8	2,6	a	5,5	0,1	0,6
	F(m,f)	0,2	0,6	0,4	a	4,9	7,9	0,2
	F(t,f)	0,2	0,3	a	a	0,6	0,6	0,1

---

f,s,m i t - koncentracije pojedinih elemenata rastvorenim u vodi-f, u suspendovanom materijalu-s, u materijalima dna reke-m, i u okolnom zemljištu-t.

a- nije određivano.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac, 29, 30, 31. V i 1. VI 1979.

M.Hadžišehović,[x] A.Milojević,[xx] D.Spasova,[xxx] K.Buraei,[x] M.Ristić,[xxx]

x - Laboratorija za fiziku Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča,

xx - Institut za fiziku SR Srbije, Beograd,

xxx - Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd

RASPODELA TRITIJUMA U PADAVINAMA

U radu se daje deo rezultata merenja koncentracije tritijuma u padavinama prikupljenim na dve meteorološke stanice u Beogradu, Vračar (1976.) i Zeleno Brdo (1976-78.). Izmerene koncentracije za mesečne uzorke padavina (i intervale manje od meseca) nalze se u granicama od 46-153 TU. Ustanovljene su dve zavisnosti koncentracija tritijuma u padavinama: sezonska i od porekla padavina.

Uvod

Poreklo tritijuma u padavinama je prirodno i veštačko (1,2). Kontinualno se stvara u nuklearnim reakcijama elemenata atmosfere, pre svega azota, sa neutronskom komponentom kosmičkog zračenja. Počev od 1952. godine, u atmosferu su dospele velike količine veštački nastalog tritijuma iz termonuklearnih eksplozija koje su povećale njegovu koncentraciju u padavinama severne hemisfere i do 1000 puta. Najveći deo termonuklearnog tritijuma je dospeo u stratosferu, odakle se svake godine prenosi u troposferu sa maksimumom koncentracije u proleće i leto, a minimumom zimi. Treći, najveći izvor tritijuma su nuklearna postrojenja (naročito teškovodni reaktori) u kojima on nastaje brojnim nuklearnim reakcijama i kao fisioni produkt. Najveći deo stvorenog tritijuma iz bilo kog od ova tri izvora, brzo se oksiduje u HTO i sa padavinama dospeva na zemlju, gde se razblažuje vodom do vrlo niskih koncen-

tracija od nekoliko desetina do stotina tritijumskih jedinica, TU (1 TU odgovara odnosu T/H od 10^{-18} i daje 7,2 rasp./min. odnosno 3,2 pCi u litri vode).

Raspodela ^3H u padavinama zavisi od nekoliko bitnih faktora. Ustanovljene su značajne geografske varijacije ^3H. Tako, padavine prikupljene iznad morske površine i u priobalnom pojasu su siromašnije od kontinentalnih padavina jer se ^3H iz padavina razblažuje izmenom atmosferske vodene pare sa morskom vodom koja ima nižu koncentraciju ^3H. Osim ove zavisnosti, značajna je zavisnost i od visine na kojima se padavine formiraju, zatim od veličine evapotranspiracije na datom području.

Vremenski hod tritijuma u padavinama

Tritijum je meren u uzorcima padavina sa dve meteorološke stanice u Beogradu (TAB. br. 1,2,3). Sezonska zavisnost se ogleda u tome što se koncentracija ^3H menja u toku godine. Promene kod obe meteorološke stanice imaju isti oblik zavisnosti koji odgovara opštoj zakonitosti promena nadjenih u svetu, naročito na severnoj hemisferi (2,3). Raspodela se karakteriše postojanjem širokog maksimuma vrednosti ^3H u toku letnjih meseci sa tendencijom opadanja u drugim godišnjim dobima. Pri ovome, za isti vremenski period, juli-oktobar 1976. godine, padavine sa veće nadmorske visine (Zeleno Brdo) su bogatije tritijumom.

Zavisnost koncentracija ^3H od količine padavina i njihovog porekla

Na osnovu izmerenih koncentracija ^3H u padavinama i količine padavina, izračunate su količine ^3H koje padnu na m^2 površine. Vrednosti su date u poslednjoj koloni TAB. br. 1 i 2. Vidi se da ne postoji korelacija izmedju ove dve veličine. Prispeli iznos tritijuma čini se da zavisi, osim od godišnjeg doba, od porekla vazdušnih masa koje su donele padavine. Zaista, analiza meteoroloških uslova na osnovu sinoptičke karte Saveznog hidrometeorološkog zavoda i Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Srbije

TAB br. 1

Koncentracije i količine ^3H u padavinama tokom 1976. god.

Datum uzim. uzorka	Konc. ^3H (TU)	Količina padavina (lit/m^2)	Količina ^3H (pCi/m^2)
Beograd - Vračar, nadm. visina 132 m.			
IV	103	39,2	13041
V	144	31,5	14651
28.V.-8.VI	136	89,2	39183
8.VI.-VII	133	53,6	23026
VII	125	-	-
VIII	116	56,9	21319
1-6.IX.	50	54,5	8801
IX	63		
6.IX-18.X.	58	42,3	7924
Beograd - Zeleno Brdo, nadm. visina 243 m.			
VII	139	24,7	6861
VIII	127	55,1	22602
IX	72	97,3	22628
X	58	16,9	3166
XI	52	48,4	8129
XII	52	20,1	3367
25,26.XI 5,6.XII	60	6,5	1260
5,6.XII	38	3,3	405
10,11.XII	74	8.1	1936

pokazuje da su na vrednost koncentracije znatno uticale vazdušne mase različitog porekla i fizičkih karakteristika koje su poprimile u svojim izvorišnim oblastima kao i na putu njihovog transporta do mesta gde su uzeti uzorci. Najveće koncentracije se javljaju pri prodoru vazdušnih masa sa većih geografskih širina, naročito polarnih, a najmanje u padavinama čije se poreklo veže za tropske vazdušne mase. Na primer, u periodu od 27. maja do 6. juna (TAB. br. 1), prodor maritimno arktičkih i polarnih vazdušnih masa je dao padavine sa vrlo bogatim sadržajem ^3H (oko 290 pCi/l), dok su u periodu od 1-6. septembra vazdušne mase iz sredozemlja (maritimno tropski vazduh) u jugozapadnoj struji donele znatno manje količine tritijuma (161 pCi/l). Ista razlika se vidi poredjenjem padavina za uzorak 10, 11. XII 1976. i uzorak 5, 6. XII 1976. god. TAB. br. 2

Mesečne vrednosti koncentracije i količine ^3H u padavinama 1977-78. godine, za Zeleno Brdo

Datum uzim. uzorka	Konc. ^3H (TU)	Količina padavina (lit/m^2)	Količina ^3H (pCi/m^2)
I	61	39,1	7704
II	61	102,9	20220
III	98	60,1	19056
IV	97	92,6	28893
V	123	40,4	16007
VI	127	47,9	19587
VII	122	127,9	50459
VIII	86	44,5	12603
IX	80	65,6	16993
X	88	13,7	3916
XI	56	72,1	13158
XII	46	74,2	11024

U tablici 3 date su mesečne vrednosti koncentracije ^{3}H za 1978. godinu, takodje za Zeleno Brdo. Mesečne vrednosti su nadjene iz izmerenih vrednosti pojedinačnih padavina ili padavina od 2-5 dana, kao aritmetička sredina.

TAB. br. 3

Mesečne vrednosti koncentracije ^{3}H u padavinama 1978. godine,

Beograd - Zeleno Brdo. nadm. visina 243 m.	
Datum uzimanja uzorka	koncentracija ^{3}H (TU)
I	-
II	102
III	107
IV	124
V	153
VI	123
VII	117
VIII	95
IX	73
X	49
XI	49
XII	46

Summary

A study at the tritium concentration and tritium content of precipitation samples, collected during 1976-77., is given. The measurments were made for precipitation in Belegrade, at two meteorological stations, Vračar (altitude 132 m) and Zeleno Brdo (altitude 243 m). Samples were collected monthly from precipitation. Some individual rainfalls and samples of shorter time intervals also were used. The tritium content is not simply correlated with the total quantity of precipitation. Tritium amount were correlated both with their intensities and their geographical origin.

Reference

1. BUTTLAR H., LIBBY W.F., Journ.Inorg and Nucl.Chem., 1 (1955) 75

2. LAL D., SUESS H.E., Ann. Rev. Nucl. Sci., 18 (1968) 407

3. BROWN H.R. et al. An international Guide for Research and practice, 10a, 1972., Unesco, Paris

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31. V i 1. VI 1979.

M. Hadžišehović,[x] A. Milojević,[xx] B. Filipović,[xxx] K. Bursei,[x] S. Pongrac,[x] D. Spasova[xxxx]

x - Laboratorija za fiziku Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

xx - Institut za fiziku SR Srbije, Beograd,

xxx - Rudarsko geološki fakultet u Beogradu,

xxxx - Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd

TRITIJUM U RECNIM VODAMA

Počev od 1976. god. u Laboratoriji za fiziku se meri tritijum u dekadnim uzorcima rečnih voda. Ovde se daju rezultati tih merenja za Dunav na profilima Bezdana, Zemuna i Prahova (1976-77.) za Savu na profilu Beograda (1976-77.), Krškog (1977.) i St. Jakoba (1977.), za Tisu kod Kanjiže (1976-77.) i Nišavu kod Pirota (1977.). Uzorci za analizu su uzimani na mestima sa kojih se normalno kontroliše kvalitet voda. Uzorci su dobijeni od Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu SR Srbije "Dr.D.Karajović", Beogradskog vodovoda i Instituta "Jožef Stefan" iz Ljubljane. Laboratorija za fiziku im se ovim putem zahvaljuje.

Uvod

Veštački tritijum dospeva u rečne vode iz termonuklearnih eksplozija i nuklearne industrije. Njegov prirodni sadržaj koji iznosi nekoliko atoma T na 10^{18} atoma H povećan je zato za 1-2 reda veličine. Koncentracija tritijuma u prirodnim vodama se izražava u tritijumskim jedinicama, TU, pri čemu se 1 TU definiše kao odnos $T/H=10^{-18}$ a odgovara 3,24 pCi po litru vode, odnosno 7,2 rasp./min. Cilj naših merenja je da se u jednom dužem vremenskom periodu ustanovi zakonitost raspodele tritijuma u rečnim vodama i proceni nivo kontaminacije. Ovde se daju merenja iz 1976--77. godine.

Nivo tritijuma i njegova raspodela u rečnim vodama

Koncentracija ^3H je odredjivana u dekadnim uzorcima vode. Rezultati su dati u TAB. br. 1. Analizirana je voda Dunava, Save, Tise i Nišave na navedenim profilima. Posmatranjem vrednosti TU iz tablice, uočava se da, za obe godine, koncentracija ^3H raste u letnjem periodu (maj-juli). To je poznati sezonski maksimum koji je karakterističan za severnu hemisferu (1) a javlja se i u padavinama (1,2,3). Dunav na profilima Bezdana i Prahova ima veću koncentraciju nego ostale ispitivane reke. Maksimalna koncentracija u periodu V-VII iznosi oko 750 pCi/l, dok je u drugim rekama (izuzev Save kod Krškog) oko 450 pCi/l. Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) za ^3H u površinskim vodama koje služe za ljudsku upotrebu je $3 \cdot 10^{-7}$ pCi/l a to je oko 300 puta više od sadašnjeg maksimuma u Dunavu. Medjutim, u periodu intenzivnih nuklearnih proba u vazduhu (1960-65.) kada je sadržaj ^3H u padavinama bio i do 10.000 puta veći od sadašnjeg, koncentracija ^3H u našim vodama je verovatno bila bliska MDK. Na ovo ukazuje i podatak da je u Makišu, 1976. godine na dubini od 11-15 m nadjeno oko 650 pCi/l (2), što je uzimajući u obzir raspad ^3H od 12,3 godina, u toku 1963. godine iznosilo najmanje duplo, odnosno oko 1.300 pCi/l.

Procena količine tritijuma u Dunavu i Savi izvršena je na osnovu izmerenih koncentracija ^3H u dekadnim uzorcima vode, uzimajući u obzir proticaj na posmatranim profilima. Izračunate vrednosti se nalaze u TAB. br. 2. Količine tritijuma Q_T (u kirijima) koje proteknu za 24 časa, rastu sa porastom vodostaja, odnosno protoka. Ovo ukazuje da je ^3H u rekama padavinskog porekla. Podzemne vode razblažuju ^3H u rekama, što se vidi iz opadanja njegove koncentracije drugom polovinom leta kada je njihov nivo veći ili sličan nivoima rečne vode (2,3).

TAB. br. 1

Koncentracije tritijuma u dekadnim uzorcima rečne vode

D.B. Dunav-Bezdan, 1425 km*; D.Z. Dunav-Zemun, 1174 km; D.P. Dunav-Prahovo, 861 km; T.K. Tisa-Kanjiža, 137 km; S.B. Sava-Beograd, 1 km; S.K. Sava-Krško; S.St.J. Sava-St. Jakob; N.P. Nišava-Pirot.

*rastojanje od ušća.

Mesec		D.B. a		D.Z. b		D.P. c		S.B. d		S.K. e	S.St.J. f	T.K. g		N.P. h
Dekada		1976	1977	1976	1977	1976	1977	1976	1977	1977	1977	1976	1977	1977
I	2		188		92									
	1		90		111				108				137	
II	2		161		105									
	3		159		138				81					
	1		144		98		103		54				87	87
III	2		164		54				94				123	91
	3		182		128		154		78					99
	1		199	108	133			67						94
IV	2		179	123	105			74	98			105		
	3		209	145	93		175		110	136	118			
	1	167		69	84	131	169	75	104	119	98	116	98	
V	2	131	250	147	93	129		93		131	101	116		73
	3	216	211	152	79	171		127	77	156	136	140	102	

		a		b		c		d		e	f	g		h
	1	188	175	134	134		135	174	138	187	81	135	117	146
VI	2	233	160	132	187	162	120	138	126	144	127	146	141	82
	3	166	168	139	135	216		95		127	113	129	138	118
	1	163	155	125	132			66	122	152	127	133	125	78
VII	2	160	119	116	146	125	148	81	126	130	107		140	126
	3	159	94	113	147	141		101	127	154		107		
	1	132	101	76	119			72	123	130		106		87
VIII	2	130	144	102	105	134			74					116
	3	121	126	104	73		124	83	84			100	83	67
	1	107	149		64				113					
IX	2	119	105		83	128	77	68	122			71		
	3	148	138		97			89	91			84	117	63
X	3		112		69				39					65
	1		163		101				70					
XI	2		81		113				28					
	3		105		62				36					
	1		194		118				29				111	
XII	2		83		179				86				118	
	3		212						31				133	

TAB. br. 2

Količine ^3H koje proteknu na datim rečnim profilima za 24 časa

Q_T (Ci)=Q_V · 3,23 · 10^{-12} Ci/l · konc. (TU)

Q_V=Prot. (m^3/s) · 86400(s) · 1000 l=8,64 · Prot. (m^3/s)

a) Dunav-Bezdan, 1967-77. kota "0":80,64 m, povr. sliva km^2:210250

Dekada	Vodostaj (m) 1976	1977	Proticaj (m^3/s) 1976	1977	Q_T (Ci/24 h) 1976	1977
1 febr.		83,62		2591		65
2		86,06		4567		205
3		85,87		4433		197
1 mart		86,13		4670		187
2		85,63		4186		192
3		84,33		2802		143
1 april		94,08		2895		161
2		84,51		3224		161
3		84,62		3235		201
1 maj	82,42	85,15	1965	3785	79	
2	82,68	84,74	1928	3412	70	238
3	82,83	84,07	2067	2887	125	170
1 juni	84,14	83,31	2971	2144	156	104
2	83,76	82,90	2685	2121	175	94
3	82,48	83,18	2080	2285	96	107
1 juli	81,40	83,22	1317	2315	60	100
2	80,84	82,59	1062	1940	47	64
3	81,22	82,48	1248	1881	55	49
1 avg.	82,38	83,81	1951	2820	72	104
2	80,91	84,15	1575	2952	57	119
3	81,98	83,89	1592	2774	54	97
1 sept	81,69	83,28	1462	2355	44	
2	82,28	82,80	1769	2057	59	60

3	82,23	81,99	1801	1613	74	62
1 okt.		81,42		1320		41
3		81,07		1167		36
2 nov.		81,62		1333		30
3		82,02		1578		46
2 dec.		81,50		2203		51

b) Sava - Beograd, 1976-77. kota "0":68,28 m, površina sliva km^2: 87996, proticaj kod Sremske Mitrovice, 13km od ušća.

Dekada	Vodostaj (m)		Proticaj (m^3/s)		Q_T (Ci/24h)	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977
3 jan	70,1	70,7	729	2390	17	26
1 feb.	70,1	71,7	787	2564		33
2	69,9	73,9	877	2513	11	75
3	70,1	73,8	1232	2890	32	73
1 mart	70,7	73,9	1383	2923	38	65
2	71,3	73,5	1133	2270	21	59
3	71,8	72,6	1747	1862		41
1 april	71,3	72,1	2143	2258	40	
2	71,4	72,7	2433	2862	50	78
3	71,0	73,2	1946	2662		81
1 maj	71,8	72,5	2716	1827	56	53
2	71,0	71,8	1991	1419	52	
3	70,5	70,9	1336	1181	47	38
1 juni	71,3	70,5	2124	961	103	37
2	72,1	70,1	2251	717	87	25
3	70,2	70,3	1161	682	31	
1 juli	69,2	70,3	901	734	16	
2	68,9	70,2	664	610	15	21
3	69,2	70,2	1198	880	34	31
1 avg.	69,9	70,3	1336	804	27	27
2	69,6	70,5	1049	571		12

3	69,8	70,7	1080	910	25	21
1 sept.	69,5	70,7	1176	870		27
2	70,0	70,2	1275	615	24	
3	70,1	70,4	1266	183	31	5
1 okt.	69,5	70,1	812	1168	14	
2	69,6	70,0	1036	1361	19	17
3	69,9	69,8	1321	967	22	10
1 nov.	69,7	69,8	1390	753	16	15
2	70,0	70,1	1839	1105	35	8
3	70,6	70,9	2268	2284	47	23
1 decem.	70,9	70,7	2708	2050	40	16
2	72,4	70,3	3500	2152	52	28
3	71,5	69,8	3215	2150	51	19

Summary

Tritium activities were followed in river waters. The samples investigated were taken from locations were the quality of waters is usually controlled: i.e., from the Danube at 1425 km, 1174 km and 861 km, from the river mouth, from the Sava in Belegrade and Krško, from the Tisa at 137 km. The analysis cover mainly the time - intervals from the years 1976-77. All samples were ten-day averages.

These measurments show regular seasonal trend of the concentration variations, with the maximum in summer (may-june). Tritium activities depend on the season, the river and groundwater levels ratio and on the quality of evapotranspiration from the corresponding area.

Reference

1. JACOBS G.D., Sources of Tritium and its Behaviour Upon Release to the Environment, 1968., U.S. Atomic Energy, Commission, New York
2. HADŽISEHOVIĆ M., Raspodela izotopa lakih elemenata u prirodnim vodama i njihovo merenje, Doktorska disertacija, 127, 1978. , Univerzitet u Beogradu
3. HADŽISEHOVIĆ M. et al., Journ. of Radioanal, Chem. Vol. 44 (1978.) 301

X simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac 29., 30., 31. V i 1. VI 1979.

Bauman A., Franić N., Baumštark M., Stampf Dj., Sokolović, E., Bajlo M.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

RADIOAKTIVNOST U CISTERNSKIM VODAMA U SRH

Rezime

Prikazano je kretanje ukupne beta aktivnosti i ^{90}Sr u cisternskim vodama 1977. i 1978. godine.

Dani su podaci i za ukupnu alfa i beta aktivnost u cisternskim vodama u bližoj okolini Zagreba.

Uvod

Jugoslavija spada u one mediteranske zemlje, koje u obalnom pojasu i ne samo obalnom u velikoj mjeri koriste cisternsku vodu za piće.

Praćenjem radioaktivne kontaminacije u cisternama duž Jadranske obale od 60-tih godina do danas, postala je danas planiranjem NE kontrola nulte točke tih cisterni od velike važnosti.

Rezultati rada

U tablici 1 i 2 prikazane su vrijednosti za ukupnu beta aktivnost 1977. i 1978. godine. Od tih rezultata su najvažnije vrijednosti za srednji Jadran. Kod uzoraka gdje je bilo odstupanja, odredjen je i ^{90}Sr.

Kako će doskora započeti radom NE Krško ispitana je alfa i beta aktivnost nekih cisterni u okolini Zagreba i Samoborskom gorju. Rezultati su prikazani u tablici 4.

Tablica 1. Ukupna beta aktivnost cisternske vode u 1977. godini

Sakupljačko mjesto	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Godišnji prosjek pCi/l
Bale	IV	4	VI	3	IX	4	XI	4	3,8
Brseč	IV	4	VI	3	IX	4	XI	6	4,3
Meja	IV	0	VI	3	IX	4	XI	3	2,5
Barić Draga	IV	0	VI	3	IX	0	XI	4	1,8
Rovanjska	IV	4	VI	4	IX	4	XI	3	3,8
Marina	IV	4	VI	2	IX	4	XI	5	3,8
Donja Brela	IV	4	VI	2	IX	8	XI	4	4,5
Doli	IV	0	VI	4	IX	0	XI	8	3,0
Komaj	IV	4	VI	4	IX	4	XI	12	6,0
Godišnje		2,7		3,1		3,6		5,4	

Tablica 2. Ukupna beta aktivnost cisternske vode u 1978. godini

Sakupljačko mjesto	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Vrijeme sakup. mjesec	pCi/l	Godišnji prosjek pCi/l
Bale	IV	4	VI	0	IX	0	XI	1	1,3
Brseč	IV	4	VI	12	IX	3	XI	2	5,3
Meja	IV	45	VI	5	IX	4	XI	3	14,3
Barić Draga	IV	1	VI	9	IX	5	XI	3	4,5
Rovanjska	IV	10	VI	6	IX	6	XI	2	6,0
Marina	IV	11	VI	4	IX	4	XI	3	5,5
Donja Brela	IV	7	VI	2	IX	2	XI	0	2,8
Doli	IV	11	VI	5	IX	9	XI	4	7,3
Komaj	IV	21	VI	3	IX	6	XI	3	8,3
Godišnje		12,7		5,1		4,3		2,3	6,1

Tablica 3. ^{90}Sr. pCi/l u cisternskim vodama u 1977. i 1978. godini

Sakupljačko mjesto	1977.	1978.	O p a s k a
Brseč	0,79	1,78	Sjeverni Jadran
Barić Draga	-	1,43	
Rovanjska	0,90	1,09	
Doli	1,05	0,65	Južni Jadran
Doli	0,52		
Komaj	0,96	1,43	

Tablica 4. Ukupna alfa aktivnost cisternskih voda u blizini Zagreba

Slani Dol pCi/l	Tepec pCi/l	Smerovišće pCi/l	Bistra pCi/l
Ø	Ø	Ø	Ø
0,17	0,17	0,17	Ø
Ø	0,10	Ø	0,10

Tablica 5. Ukupna beta aktivnost cisternskih voda u blizini Zagreba

Slani Dol pCi/l	Tepec pCi/l	Smerovišće pCi/l	Bistra pCi/l
0,41	1,11	1,56	0,48
2,43	1,88	2,35	0,30
2,16	1,11	2,01	0,34

Diskusija

Zanimljiva je pojava u tablici 3. da 1977. i 1978. godine nijedan uzorak beta aktivnosti u cisternskim vodama Srednjeg Jadrana nije toliko odstupao od prosjeka da bi bila potrebna analiza ^{90}Sr.

Što se tiče uzoraka u blizini Zagreba, alfa aktivnost u većini cisterni se nalazi ispod granice detekcije, a beta aktivnost je istog reda veličine kao i kod vodovodnih voda.

Summary

Data are given for alpha, beta and ^{90}Sr radioactivity in cistern waters along the Dalmatian coast and in the vicinity of Zagreb.

Literatura

1. KENNEDY M.R.: Health Physics Manual of Radiochemical and chemical procedures and analyses. KAPL-A-HP-3, UC-41, Health and Safety/Tid 4500, 13th Ed.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Milošević Z.,Horšić Emilija,Bauman Alica,Kljajić R.

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb

PRIRODNA RADIOAKTIVNOST U TLU NA PODRUČJU BiH

Ispitivana je prirodna radioaktivnost na široj teritoriji BiH pa su dobiveni podaci za sadržaj urana i 226-Ra u tlu. Tako se vrijednosti za uran kreću od 0,5mg/kg tla do 1,8mg/kg tla.226-Ra kreće se od 800 - 2000 pCi/kg tla.

Kod većine određivanja prirodne radioaktivnosti u tlu koja su u svijetu rađena poznate su sve prosječne vrijednosti: 1 - 3 mg U/kg suhog tla, 1 nCi ^{226}Ra i ^{210}Pb te ^{210}Po oko 0,85 nCi/kg suhog tla.

Za slojeve tla od 0-5cm, 5-10cm i 10-15cm dobivene su za ^{226}Ra sledeće vrijednosti (Tabela 1).

Tab. 1

Koncentracija ^{226}Ra u tlu sjeverozapadne Bosne

Uzorak	pCi ^{226}Ra / kg tla		
	sloj 0-5cm	5-10cm	10-15 cm
1	1.175,00	1.160,03	740,20
2	1.501,30	1.902,20	1.700,90
3	1.680,00	1.700,30	540,60
4	2.010,50	2.806,70	2.590,40
5	985,40	1.306,76	1.784,30

Srednja vrednost za sve lokacije sjeverozapadne Bosne iznosi u sloju od 0-5 cm 1470,00 pCi/kg, od 5-10 cm iznosi 1774,00 pCi/kg a u sloju od 10-15 cm 1470,00 pCi/kg.

U jugozapadnoj Bosni dana je koncentracija ^{226}Ra u tabeli 2.

Tab. 2

Koncentracija ^{226}Ra u tlu jugozapadne Bosne

Uzorak	pCi ^{226}Ra/ kg tla		
	sloj 0-5cm	5-10cm	10-15cm
1	2.097,80	1.943,60	1.902,37
2	1.045,70	1.857,35	1.748,90
3	899,90	1.024,70	845,40
4	1.472,40	2.201,40	2.924,80

Srednja vrijednost za sve lokacije u sloju od 0-5 cm iznosi 1378,95 pCi/kg, od 5-10cm 1756,50 pCi/kg od 10-15cm 1879,75 pCi/kg ^{226}Ra.

Za uran su dobiveni rezultati navedeni u tabelama 3 i 4.

Tab. 3

Koncentracija urana u tlu sjeverozapadne Bosne

Uzorak	mgU/ kg tla		
	sloj 0-5cm	5-10cm	10-15cm
1	0,55	0,174	1,82
2	1,54	0,95	0,86
3	0,64	0,81	0,93
4	1,42	1,16	1,23
5	0,74	0,93	0,86

Srednje vrednosti za sloj 0-5cm iznosi 0,98mgU/kg tla, od 5-10cm 0,80 mgU/kg tla a od 10-15cm 1,14 mgU/kg tla.

Tab. 4

Koncentracija urana u tlu jugozapadne Bosne

Uzorak	mgU/kg tla		
	sloj 0-5cm	5-10cm	10-15cm
1	1,15	1,1	1,1
2	1,70	1,65	1,60
3	1,47	0,95	0,61
4	0,90	1,43	1,60

Srednja vrednost za sloj 0-5cm iznosi 1,30 mgU/kg tla, za sloj 5-10cm 1,28 mgU/kg tla i za sloj 10-15cm 1,23 mgU/kg tla.

ZAKLJUČAK

Na području zapadne Bosne vrijednosti za ^{226}Ra u tlu variraju od 0,54 do 2,9 nCi/kg suhog tla ovisno o sloju i lokaciji uzorka. Nije primjećena na pojedinačnom uzorku nikakva zakonitost kretanja koncentracije prema dubini slojeva.

Premda kod srednje vrednosti primjećujemo da je sjeverozapadnoj Bosni najveća koncentracija u srednjem sloju od 5-10cm.

U jugozapadnoj Bosni je aktivnost najviša u najdubljem sloju.

Koncentracija ^{226}Ra premašila je u prosjeku 50-60 % svjetski prosjek.

Kod urana sve vrijednosti leže unutar svjetskog prosjeka od 1-3 mg/kg, a nema niti jednog većeg odstupanja.

Summary

The natural radioactivity of soil in Bosna and Hercegovina was investigated. Data were obtained for uranium and 226-Ra content in soil. They vary for uranium from 0,5 mg/kg till 1,8 mg/kg of soil. For 226-Ra the results are within 800 - 2000 pCi/kg of soil.

Literatura

1. SILL C.W.: Health Phys. 33 , 393, /1977/.
2. KAURANEN P.,MIETTINEN J.: Ind. J.Envir.Anal.Chem. 3,307,/1974/.
3. JAWOROWSKI Z.,GRABOWSKA D.: Sci.total Envir. 7, 45, /1977/.

X. Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
29.05-1.06 1979.g. Arandjelovac

RADIJUM -226 U PIJAĆIM BUNARSKIM VODAMA U BARANJI

Konjović S.,(x) Vukotić M.,(xx) Radovanović R.(xx)

(x) Institut za geološko rudarska istraživanja ,Beograd

(xx)Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu,Beograd

Rezime:

Na području Baranje vršena su ispitivanja bunarskih pijaćih voda u kojima je odredjivan radijum 226. Ukupno je obuhvaćeno 226 uzoraka voda . Koncentracije radijuma -226 kretale su se od manje od 1 do 2,5 pCi/litru vode.

Ispitivane vode stanovništvo ovog regiona koristi za piće.

Uvod

Radioaktivna kontaminacija bunarskih pijaćih voda uslovljena je postojanjem prirodnih radionuklida u zemlji, fisionih produkata i ostalih radionuklida koji u tom procesu nastaju.

U grupi prirodnih radionuklida značajno mesto u radioaktivnoj kontaminaciji pripada radijumu-226.

Sa higijenskog stanovišta od posebnog je interesa proučavanje ovog radionuklida zbog njegovih fizičkih osobina ,vremena poluraspada koje iznosi oko 1620 godina i biološkog vremena poluraspada - oko 45 godina.

Osnovne geološke karakteristike

Ispitivano područje izgradjeno je uglavnom od kvartarnih sedimenata izuzev Baranjske grede gde su kristalizovane i starije miocenske i andezit-bazaltne stene.

Prema genezi i litološkom sastavu kvartarne tvorevine mogu se svrstati u sledeće jedinice : praporni talozi ,močvarni talozi ,deluvijalne naslage i rečni nanosi .

Miocenske stene su otkrivene na padinama Popovačkog brda na nekoliko lokalnosti .Ovde su utvrdjene stene gornjeg miocena-tortona i sarmata . Torton je prestavljen peščarima koji su pretežno kvarcni i konglomeratima a sarmat krečnjacima bele boje.

Eruptivne stene su otkrivene na severoistočnom rubu Popovačkog brda -kod Batine , koje su odredjene kao andezit bazalti.

Rezultati merenja

Koncentracije radijuma -226 odredjivane su metodom koju su dali Pradel i saradnici (1).

Ispitivane vode pripadaju tipu plitkih izdanskih bunarskih voda .Kolebanja ove plitke izdani iznose od 1 do 2,5 metra u toku godišnjeg vremenskog perioda.

Rezultati naših merenja pokazuju da su se koncentracije radijuma -226 kretale manje od 1 do 2,5 pCi/litru vode . Od 226 uzoraka voda u 79,20% koncentracija Ra-226 iznosila je manje od 1 pCi/litru vode ; u 15,48% od 1 do 1,5 pCi/litru ; u 4,42% od 1,5 do 2 pCi/litru i u 0,88% od 2 do 2,5 pCi/litru vode.

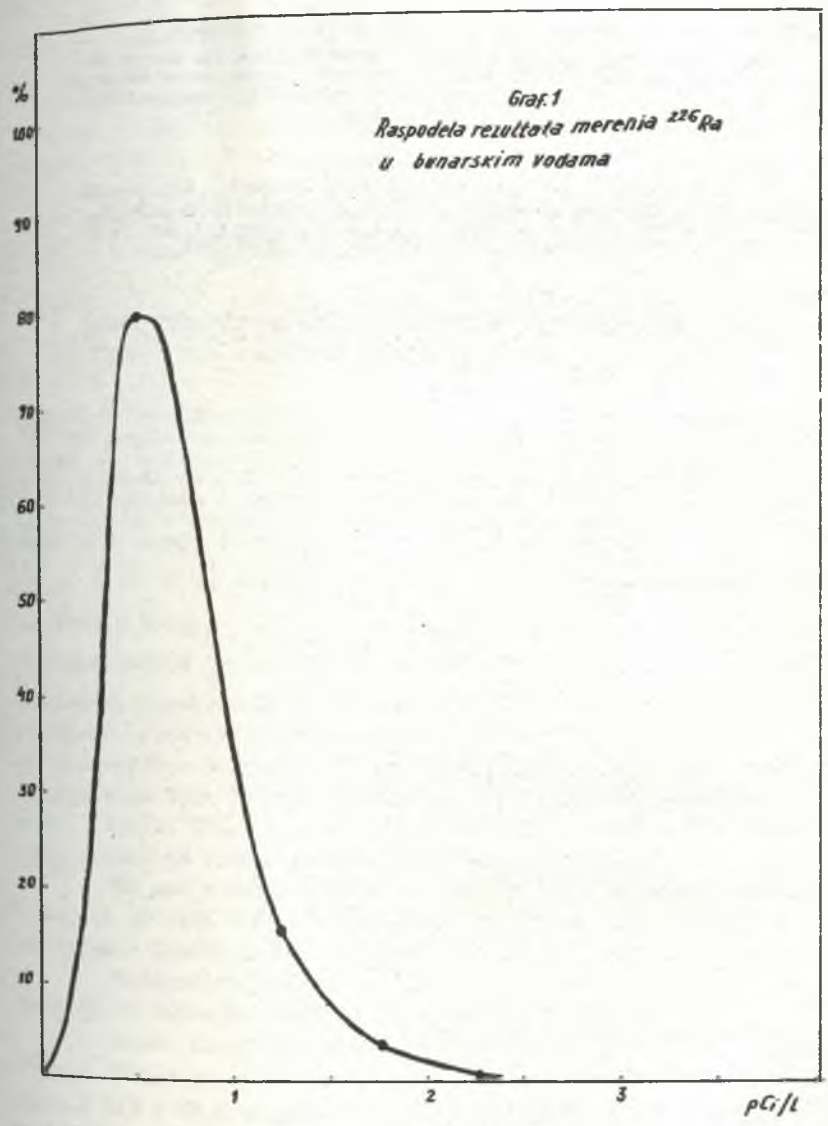
Zaključak

Radijum-226 pripada grupi prirodnih radionuklida i zbog svoje osobine da se deponuje u kostima ima značajnu ulogu u ozračivanju ljudskog organizma.

Kontaminacija ljudskog organizma radijumom-226 u životnoj sredini vrši se unošenjem ovog radionuklida preko hrane i pijaće vode .

U ispitivanom području Baranje koncentracije radijuma -226 u pijaćim bunarskim vodama u 79,20% uzoraka iznosile su manje od 1 pCi/litru vode . Izmerene koncentracije u 226 uzoraka voda kretale su se u granicama dozvoljenih.

Raspodela rezultata merenja data je log-normalnim zakonom (graf.1)



Graf. 1
Raspodela rezultata merenja ^{226}Ra
u banarskim vodama

Summary :

RADIUM -226 IN DRINKING WATERS ON THE SITE OF BARANJA

Wells and drinking waters were investigated on the site of Baranja,where radium-226 was determined. There were treated 226 samples of water all together .The radium-226 concentrations ranged from < 1,0 to 2,5 pCi/l. water.

Literatura:

(1) Pradel J.,Fuhrman ,Beneix E.: Bull.d'Information Scient. et Techn.,Fr. No 2 , 1956, 12 (CEN.S.)

X Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja

Brnović R., Radovanović R., Vukotić M., Miletić M.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

SVEŽI FISIONI PRODUKTI U ŽIVOTNOJ SREDINI SR SRBIJE U TOKU 1976 GOD.

Sadržaj: Vazdušne nuklearne eksplozije izvršene na Dalekom Istoku registruju se nakon 10-15 dana na teritoriji Jugoslavije. Jedan od najintenzivnijih testova izvršen je 26. septembra 1976.g u Kini. Tada je došlo do značajnog povećanja ukupne beta aktivnosti u vazduhu i padavinama na teritoriji SR Srbije tokom prve polovine oktobra 1976. g., kada su registrovane 10-100 puta veće aktivnosti u odnosu na srednje godišnje vrednosti.

Od 16-og oktobra 1964. god. vrše se vazdušni nuklearni testovi u Kini.

Njihova jačina varira u intervalu 20-10.000 kt. Značajno je poznavati aproksimativno vremenski interval pojavljivanja svežih fisionih produkata na našoj nacionalnoj teritoriji. To zavisi od geografskog položaja, visine eksplozije i opšte atmosferske cirkulacije koja varira u vremenu i prostoru (tropsferski levkovi, istočni stratosferski vetar tokom leta, itd.). Ovi činioci mogu znatno da izmene putanju radioaktivnog oblaka.

Mi smo u višegodišnjoj praksi kontrole radioaktivnosti čovekove sredine u SR Srbiji zaključili da se radioaktivni oblak sa Dalekog Istoka pojavljuje 10-15 dana nakon izvršenog testa.

Najznačajnija nuklearna eksplozija po intenzitetu izvršena je 26 septembra 1976. g. na punktu Lop Nor u Kini.

Sveži fisioni produkti (^{95}Zr - ^{95}Nb, ^{103}Ru, ^{131}J, ^{140}La - ^{140}Ba, ^{141}Ce) registrovani su na teritoriji SFRJ kao i u Francuskoj (1) i SR Nemačkoj (2).u prvoj polovini oktobra 1976. god. U vazduhu i padavinama u Beogradu, Nišu, Paliću, Zaječaru i

Prištini zapažene su značajno visoke vrednosti ukupne beta aktivnosti, kao i ^{90}Sr i ^{137}Cs. Ovi rezultati prikazani su na grafikonim a 1.i 2.

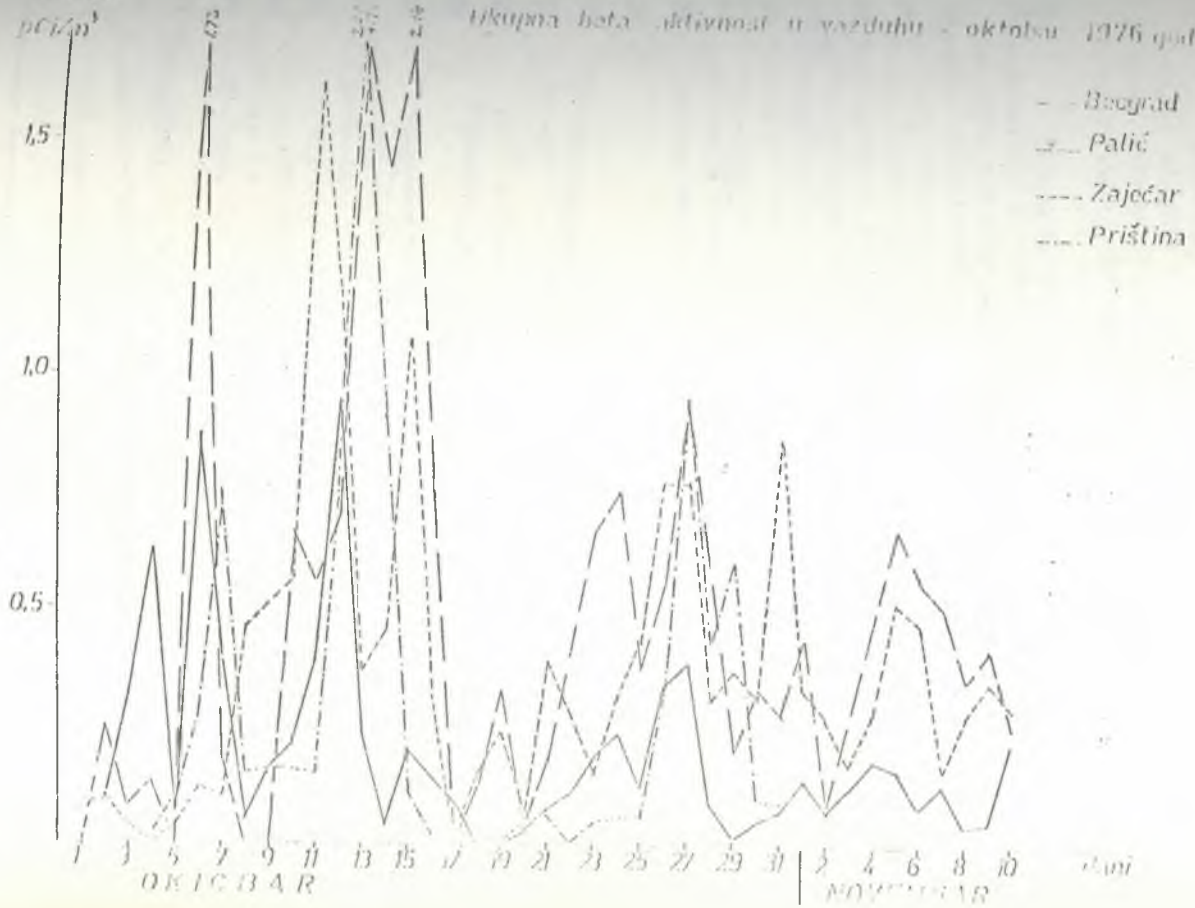
Maksimalne i srednje godišnje vrednosti beta aktivnosti u vazduhu i padavinama u 1976.godini su sledeće:

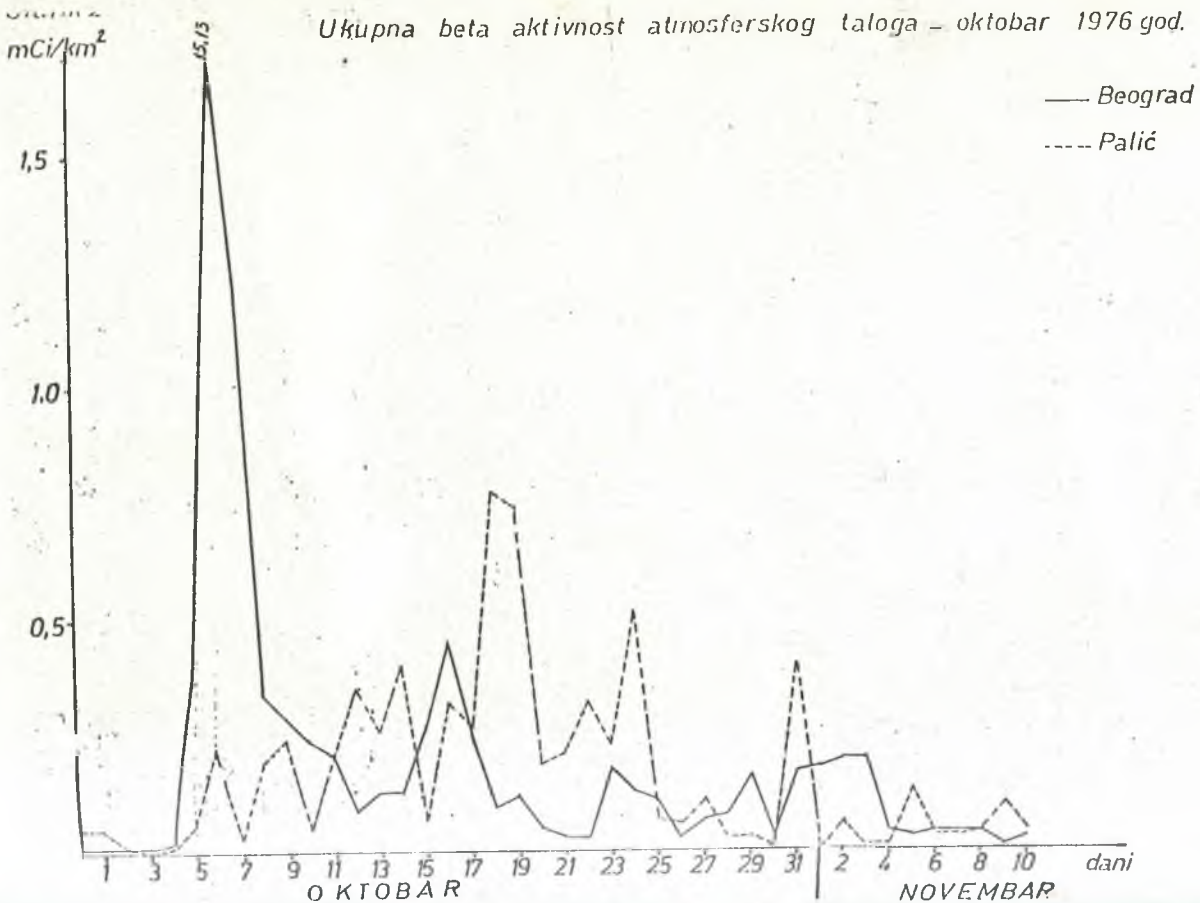
Mesto	Datum	Najveće vrednosti	Srednja vrednost za 1976 g.
Beograd	6 Oktobar	o,89 pCi/m^3	o,o7 pCi/m^3
	12.-"-	o,95 pCi/m^3	
	6 oktobar	9455 pCi/l atm. taloga	21,o18 mCi/km^2 (ukupni depo za 1976.g.)
	-"-	15,128 mCi/km^2	
Palić:	6 oktobar	1,73 pCi/m^3	o,14 pCi/m^3
	15. -"-	2,14 pCi/m^3	
	5. oktobar	119 pCi/l atm.taloga	
	6. "	o,217 mCi/km^2	6,458 mCi/km^2 (ukupni depo za 1976.g
	18. "	o,769 mCi/km^2	
Zaječar:	8 oktobar	o,46 pCi/m^3	o,19 pCi/m^3
	11 "	1,57 pCi/m^3	
	12. "	1,15 pCi/m^3	
Priština:	7. oktobar	o,75 pCi/m^3	o,o8 pCi/m^3
	12 "	2,o1 pCi/m^3	

U Francuskoj su u istom periodu najveće vrednosti ukupne beta aktivnosti u vazduhu iznosile preko 2 pCi/m^3, u padavinama do 12 mCi/km^2(1), a u SR Nemačkoj do 1,4 pCi/m^3 vazduha i do 9,9 mCi/km^{2}deponovane beta aktivnosti (2). Evidentirane su značajne koncentracije svežih fisionih produkata: ^{131}J, ^{141}Ce, ^{95}Zr, ^{95}Nb.

Crtež 1

Ukupna beta aktivnost u vazduhu - oktobar 1976 god.




Ukupna beta aktivnost atmosferskog taloga – oktobar 1976 god.
mCi/km²
15,13
1,5
1,0
0,5
Beograd
Palić
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 2 4 6 8 10
dani
OKTOBAR
NOVEMBAR

U Beogradu je u ukupnim mesečnim padavinama u oktobru 1976. g. izmereno 2,3 pCi ^{90}Sr/l u 13,6 pCi ^{137}Cs/l atmosferskog taloga. Takodje su zapažene povećane koncentracije ^{90}Sr u pojedinim biljkama u jesenjem periodu u odnosu na prolećnu sezonu .

Zaključak: Sveži fisioni produkti značajnih aktivnosti registrovani su na teritoriji SR Srbije u prvoj polovini oktobra 1976. god., kao rezultat vazdušne nuklearne eksplozije izvršene 26 septembra u Kini. Evidentno je da se oni pojavljuju na našoj teritoriji 10-15 dana nakon izv[illegible]g testa na Dalekom Istoku i nanovo u drugom ciklusu kružen[illegible] smanjenim intenzitetom oko 15 dana nakon prvog pojavljiv[illegible]. Ovaj radioaktivni stroposferski depo zapažen je i u drugim evropskim centrima. Karakteristična je nehomogenost aktivnosti u pojedinim vrstama uzoraka što ukazuje na specifičan sastav testiranog materijala.

Nivo kontaminacije životne sredine u SR Srbiji nije u ovom slučaju prešao dozvoljene granice, ali je uticao na povećanje stepena ozračenja naše populacije za jedan duži vremenski period.

Abstract

New fission products in the environment of Serbia (Yougoslavia) during 1976

R. Brnović, R.Radovanović., M.Vukotić, M.Miletić

Institut of Occupational and Radiological Health - Beograd

Nuclear testing in the atmosphere of the Far East are usualy noticed on the territory of Yougoslavia lo-15 days after the explosion. One of the most intensive tests wos effectuated on the 26 september 1976 in China. The higher total beta activity wos registered in the air and fallout on the territory of Serbia in the first half of October. These activities were 10-100 times higher comparing to mean annual values.

Literatura:

1. Rapport d'activite, Octobre 1976, SCPRJ Le Vesinet

2. Umwelt-radioaktivität und Strahlen belastung Jahresbericht 1976

X. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
29 maj - 1 jun 1979.g. Aranđelovac

Milojko Džambasević,
Vojna Akademija , Beograd
Radmila Brnović ,
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr. Dragomir Karajović" , Beograd

DISKRIMINACIONI KOEFICIJENTI ^{90}Sr U KARIKAMA EKOLOŠKOG SISTEMA OVACA I GOVEDA NA ZLATIBORU

Kratak sadržaj:

U ovom radu su date izmerene koncentracije stroncijuma 90 u uzorcima trave ,mesu i kostima ovaca , mesu i kostima krava ; mleku , kajmaku i siru ovčijem ; mleku ,kajmaku i siru kravljem kao i u vodi terena Zlatibor.

Na osnovu izmerenih podataka izračunat je diskriminacioni koeficijent značajan za ocenu radijacionih karakteristika navedenih sistema.

Uvod

Zlatibor po svom geografsko-strategijskom položaju je interesantna teritorija . On je brdsko-planinsko područje sa prosečnom nadmorskom visinom od 950 m.

Po svom geološkom sastavu Zlatibor spada u perioditiski masiv i jedan je od najvećih takve vrste u Evropi . Od svih eruptivnih stena u ovoj oblasti su najrasprostranjeniji periodotiti , odnosno od njih nastali serpentin (2).

Na velikim visinama Zlatibora se sudaraju i mešaju vazdušne mase sa Karpata i Sredozemlja. Ovakva klima karakteristična je za povećano izlučivanje globalnih radioaktivnih padavina .

Zbog svojih geografskih i klimatskih karakteristika Zlatibor postaje sve veći turistički , rekreativni i zdravstveni centar .

Rečni tokovi i izvori vode na Zlatiboru su dosta retki. Uzrok tome je fizička osobina serpentina, koje čine geološku podlogu površine, usled čega atmosferska voda brzo ponire i otiče podzemno (3).

U ovom radu kao osnova za odredjivanje radijacionih karakteristika primenjena je metoda diskriminacionih koeficijenata u ekološkom sistemu ovaca i goveda.

Prikazane su i vrednosti koncentracije stroncijuma-90 u vodi na Zlatiboru.

Metod rada

Pripremanje uzoraka za merenje i merenje stroncijuma-90 u uzorcima vršeno je metodom koja je verifikovana u IMRRZ - Beograd sa aluminijumom kao nosačem za itrijum-90. Merenje je izvršeno sa GM antikoincidentnim brojačem (3).

Rezultati i diskusija

1. Koncentracije stroncijuma-90 u uzorcima životne sredine na Zlatiboru

Rezultati merenja koncentracije stroncijuma-90 u travi, ovčijem mesu i ovčijim kostima, mleku, siru i kajmaku, govedjem mesu, kostima, mleku, siru i kajmaku krvaljem u vreme merenja (1974) dati su u tabeli 1 (1).

Ova merenja su značajna s obzirom da je stroncijum-90 fisioni produkt koji nastaje pri nuklearnim eksplozijama i dospeo je, a i dalje dospeva na zemljanu površinu putem globalnih radioaktivnih padavina.

Tabela 1.

Sadržaj stroncijuma-90 u životnoj sredini na Zlatiboru

NAZIV	$pCi^{90}Sr/gCa$	$pCi^{90}Sr/kg$	$pCi^{90}Sr/l$
Meso ovčije	28,7	17,0	-
Meso kravlje	31,6	1,9	-
Kajmak ovčiji	72,1	166,8	-
Kajmak kravlji	55,2	147,7	-
Sir ovčiji	60,9	406,9	-
Sir kravlji	56,4	462,8	-
Trava	49,4	268,3	-
Mleko kravlje	52,8	-	48,0
Mleko ovčije	50,4	-	45,0
Kosti kravlje	21,9	-	19,9
Kosti ovčije	72,2	-	67,5

Na osnovu analize kontaminacije trave, mleka, mlečnih proizvoda, mesa i kostiju stroncijumom-90 može se konstatovati da postoji zavisnost i odredjeni diskriminacioni odnos izmedju stroncijuma-90 i kalcijuma u ovim ekološkim karikama.

2. Diskriminacioni koeficijent

Na osnovu izmerenih podataka prikazanih u tabeli 1 može se izračunati odnos koncentracije ^{90}Sr u mleku i u travi a dobijena vrednost je diskriminacioni koeficijent (4), koji se izračunava iz realizacije,

$$F = \frac{(pCi^{90}Sr/gCa)\ \text{mleko}}{(pCi^{90}Sr/gCa)\ \text{trava}}$$

Na isti način izračunati su diskriminacioni koeficijenti za ostale karike ekološkog sistema ovaca i goveda i prikazani su u narednim tabelama (1).

Diskriminacioni koeficijenti izračunati za ekološki sistem goveda dati su u tabeli 2.

Tabela 2

Diskriminacioni koeficijent ^{90}Sr- jedinica u ekološkom sistemu goveda.

Oznaka koeficijenta	Karika ekološkog sistema	Vrednost koeficijenta
F_1	meso/trava	0,64
F_2	kosti/trava	0,44
F_3	mleko/trava	1,07
F_4	kajmak/trava	1,12
F_5	sir/trava	1,14
F_6	kajmak/mleko	1,04
F_7	sir/mleko	1,06
F_8	kosti/mleko	0,41

U uslovima povećanja ^{90}Sr treba obratiti pažnju na koeficijent F_5(1,14).

Izračunati diskriminacioni koeficijenti za ekološki sistem ovaca dati su u tabeli 3.

Tabela 3.

Diskriminacioni koeficijenti ^{90}Sr-jedinica u ekološkom sistemu ovaca

Oznake koeficijenata	Karika ekološkog sistema	Vrednost koeficijenata
F_1	meso/trava	0,56
F_2	kosti/trava	1,50
F_3	mleko/trava	1,04
F_4	kajmak/trava	1,45
F_5	sir/trava	1,23
F_6	kajmak/mleko	1,43
F_7	sir/m leko	1,20
F_8	kosti/mleko	1,47

Iz tabele se vidi da su koeficijenti F_2 (1,50) i F_6 (1,47) nešto povećani u odnosu na ostale.

U tabeli 4. izračunati su diskriminacioni koeficijenti ^{90}Sr i ekološkom sistemu ovaca, na osnovu podataka iz tabele 1.

Tabela 4.

Diskriminacioni koeficijenti ^{90}Sr i ekološkom sistemu ovaca

Oznaka koeficijenta	Karika ekološkog sistema	Vrednost koeficijenata
F_1	meso/trava	0,063
F_2	kajmak/trava	0,621
F_3	sir/trava	1,512

Kao što se vidi iz tabele najveći koeficijent je F_3(1,512) na koji treba obratiti pažnju ukoliko dodje do povećanja koncentracije ^{90}Sr u životnoj sredini na Zlatiboru.

Kao i u prethodnom slučaju izračunati su diskriminacioni koeficijenti u ekološkom sistemu goveda i prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5.

Diskriminacioni koeficijenti ^{90}Sr i ekološkom sistemu goveda

Oznaka koeficijenta	Karika ekološkog sistema	Vrednost koeficijenata
F_1	meso/trava	0,007
F_2	kajmak/trava	0,550
F_3	sir- trava	1,650

3. Koncentracija ^{90}Sr u vodi na Zlatiboru

Koncentracija ^{90}Sr u vodi na Zlatiboru data je u tabeli 6. Merenja su pokazala da na kontaminaciju vode ^{90}Sr utiču hidrološke i geološke karakteristike ovog terena (1).

Tabela 6.
Koncentracija ^{90}Sr u vodi na Zlatiboru

Naziv uzorka	^{90}Sr pCi/l
Izvor Crnog Rzava	1,70
Crni Rzav I	2,83
Crni Rzav II	1,24
Crni Rzav III	0,74
Obudovica I	0,97
Obudovica II	3,12
Izvor Oko	0,96
Izvor Kaluševac	0,99
Jezero Partizanske vode	3,10
Akumulaciono jezero	0,98

Na osnovu izmerenih podataka može se konstatovati da se ^{90}Sr nalazi u izvorskoj vodi, a uzrok tome je teren serpentina. Za razliku od drugih terena, stroncijum^{90} se slabo sorbuje u serpentinu i pomoću površinskih voda dolazi u podzemne vode i tako se pojavljuje u izvorskim vodama.

ZAKLJUČAK

Izvršena ispitivanja ^{90}Sr u travi, ovčijem mesu, kostima, mleku, siru i kajmaku i govedjem mesu, kostima, mleku, siru i kajmaku su pokazala da je u preradi mleka ovaca u sir povećana koncentracija ^{90}Sr u siru za 1,20 puta. U preradi mleka ovaca u kajmak dolazi do povećane koncentracije ^{90}Sr u kajmaku za 1,04 puta.

Kod prerade kravljeg mleka u sir povećana je koncentracija ^{90}Sr u siru za 1,06 puta, a u kajmaku za 1,04 puta.

Diskriminacioni koeficijenti ^{90}Sr - jedinica i ekološkom sistemu ovaca kreću se od 0,58-1,50, a kod goveda od 0,41-1,14.

Izmerena koncentracija ^{90}Sr u vodi na Zlatiboru u vreme merenja kretala se od 0,9 pCi/l do 3,1 pCi/l. Stroncijum-90 se nalazi u izvorskoj vodi čemu je uzrok propustljivost i mala efikasnost sorpcije ovog radionuklida serpentinom.

L I T E R A T U R A

1. M. Džambasević
   Magistarski rad, Farmaceutsko-biohemijski fakultet, Zagreb, 1974.

2. J. Cvijić
   Geomorfologija, knjiga II, Beograd, 1926

3. R. Brnović
   Magistarski rad, Farmaceutsko-biohemijski fakultet, Zagreb, 1972.

4. Grupa autora
   Radioekologija, Moskva, Atomizdat, 1971.

Abstract:

The ^{90}Sr discrimination factors in ecological system of cows and sheepsin Zlatibor

M. Džambasević, R. Brnović
Institut of Occupational Helath - Beograd

In this paper the ^{90}Sr concentrations in the water, grass, milk, cheese and bones of cows and sheeps in Zlatibor, are presented. On the bases of these dates the discrimination factors for ^{90}Sr are calculated. It is very important for prediction the radiation carracteristics in this ecological system.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Bek-Uzarov Dj., J. Simonović i Djukić Z.

OPADANJE SADRŽAJA ^{137}CS U LJUDSKOM TELU KAO POSLEDICA OBUSTAVLJANJA NUKLEARNIH EKSPLOZIJA U OTVORENOJ ATMOSFERI *

Merenje radioaktivnosti u ljudskom telu započeto je u našoj zemlji krajem 1966.godine kada je završena konstrukcija uredjaja za merenje aktivnosti celog tela. Nadjena količina cezijuma-137 u dobrom je slaganju sa izmerenim količinama u stanovništvu sa sličnih geografskih širina.

U radu je postavljen analitički izraz za krivu oslobadjanja cezijuma po prosečnom ispitaniku na širem području Beograda i definisane su greške merenja. Sadržaj radioaktivnog cezijuma analiziran je za period od 1966. do 1976. godine. Nadjeno je da je u tom intervalu koncentracija cezijuma-137 opala za oko sedam puta.

1. Uvod

U periodu od 1966. do 1976. godine u telu svakog čoveka nalazila su se bar dva radionuklida, ^{40}K i ^{137}Cs. Prirodni nuklid ^{40}K je (1) zbog svog dugog vremena poluraspada prisutan u celoj biosferi od postanka sveta, dok je ^{137}Cs dospeo u biosferu pa i u ljudski organizam posle eksplozija nuklearnih bombi (Hirošima i Nagasaki) i eksperimenata s nuklearnim oružjem u otvorenoj atmosferi. Ovakvi su eksperimenti vršeni do 1964. godine, do tzv. moratorijuma. Medjutim, u nekim zemljama oni su povremeno činjeni i posle toga, ali je koncentracija nastalog cezijuma na celoj Zemlji bila u stalnom opadanju (2),(3).

U radu je učinjen pokušaj da se nadje analitički izraz kojim bi se predstavila funkcija opadanja prosečne radioaktivnosti u ljudskom telu. Od parametara preko kojih se pratio sadržaj ^{137}Cs uzet je odnos aktivnosti cezijuma prema kilogramu (gramu) kalijuma za svaku izmerenu osobu. Ovakav odnos korišćen je zbog toga što daje najverovatnije srednje vrednosti i oslobodjen je individualnih odstupanja u merenjima ispitanika, koja potiču od različite gojazno-

* Rad je finansiran od strane Republičke zajednice nauke Srbije

sti i mase ispitanika kao i od geometrije merenja i izvesnih mernih faktora menjanih u toku deset gosina. Ocenjene vrednosti aktivnosti cezijuma po gramu kalijuma date su hronološkim redom. Pomoću njih je dobijena eksponencijalna kriva opadanja koncentracije cezijuma. Uz analitički izraz izračunata je karakteristična konstanta λ i odredjena njena greška u odnosu na srednje vrednosti aktivnosti cezijuma za populaciju šireg beogradskog regiona. Ustanovljeno je da su odstupanja u dopuštenim granicama za ovu vrstu i tehniku merenja. Za početni period merenja, za 1967.godinu, dobijeni rezultati uporedjeni su sa rezultatima dobijenim u susednim zemljama[4] (TAB.br.1). U izveštaju UN [4] aktivnost ^{137}Cs po gramu kalijuma

TAB br. 1

Država, grad	Belgija	Francuska	Zap. Nemačka	Poljska	Švajcarska	Moskva	Beograd
Severna geog.š. (°)	50	50	47 -55	50 -55	45	55	45
Bq ^{137}Cs/g K	1,9	2,4	2,6	2,6	2,0	1,9	2,4

Srednje vrednosti sadržaja cezijuma-137 po gramu kalijuma za 1967.godinu za izmerene aktivnosti populacije na širem području Beograda i zemalja sa sličnim geografskim širinama(Bq ^{137}Cs/g K)*.

bila je data u pikokirima. Vezu sa ovom tabelom čini konverzija 1 pCi = 37 mBq, tj. 1 pCi ^{137}Cs/g K = 37 Bq ^{137}Cs/kg K.

2. Izbor statističkog uzorka

Ispitivanja su vršena na uredjaju za merenje aktivnosti čovečijeg tela (MAČT) na osobama sa šireg beogradskog regiona koje nisu bile u direktnom kontaktu sa izvorima jonizujućeg zračenja. Pri tome je nadjeno rasipanje rezultata merenja i do 6o %. Ovolika disperzija rezultata se može smatrati opravdanom jer su merenja vršena u različitim dobima godine kada se način ishrane ispitanika veoma razlikuje. Izuzetno odstupaju rezultati dobijeni za kraj 1966.godine koji su uzeti s krajnjom rezervom. Svi ostali rezultati zaključno sa 1976. godinom su u dobrom slaganju (TAB.br.2).

U ovom radu nisu posebno tretirani ispitanici po vrsti pola i po uzrastu. Ukupan broj isiptivanih osoba nije bio veći od looo. Pri odabiranju "uzorka" obraćena je pažnja da grupe koje se uporedjuju budu sa iste teritorije i što je više moguće da budu saglasne kao

*Ovde je specifična aktivnost Cs-137 dostigla vrednost kBq/kg K pa se može izraziti kao Bq/g K.

populacija u smislu mogućnosti za potencijalno kontaminiranje ce-

TAB. br. 2

Godina merenja	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973	1976
Aktivnost ^{137}Cs (Bq/g K)	1,8	2,4	1,7	1,1	1,4	1,0	0,7	0,3

Srednje vrednosti aktivnosti ^{137}Cs po gramu kalijuma izmerene u ispitanicima sa regiona šire beogradske oblasti za period od 1966. do 1976. godine (Bq Cs-137/g K).

log tela (5),(6),(7),(8).

3. Analitički izraz za smanjenje ^{137}Cs u ispitivanim osobama za period od 1966. do 1976.godine

Analizom funkcije koja izražava smanjenje srednje vrednosti aktivnosti cezijuma po gramu kalijuma dobija se eksponencijalna kriva čiji je oblik

$$A = A_o e^{-\lambda t}, \qquad (1)$$

gde A predstavlja aktivnost cezijuma po gramu kalijuma u datom trenutku vremena, A_o aktivnost u početnom trenutku, λ konstantu oslobadjanja cezijuma iz prosečnog ljudskog tela godišnje (god^{-1}) a t vremenski period u godinama. Uzimajući u obzir da je relativna greška merenja oko 2o % za period od 1966. do 1976. godine mogu se dobiti sledeće vrednosti parametara:

$$\lambda = (0,187 \pm 0,015) \ (god^{-1}) \quad i \qquad (2)$$

$$T_{1/2} = (3,7 \pm 0,4) \ (god). \qquad (3)$$

$T_{1/2}$ označava vreme oslobadjanja radioaktivnog cezijuma-137 za polovinu u ljudskom telu. Primenjujući date vrednosti u izrazima (2) i (3) u jednačinu (1) za bilo koje vrednosti vremena od 1 do 1o (god) dobija se relativna greška do 25 % u odnosu na bilo koji od dobijenih rezultata merenja.

4. Zaključak

Iz dobijenih rezultata se može zaključiti da smanjenje količine cezijuma-137 u telima ispitanika sa šire teritorije Beograda, čija

je aktivnost odredjena u odnosu na gram kalijuma, podleže eksponencijalnom zakonu sa periodom poluoslobadjanja cezijuma iz organizma $T_{1/2}$ = 3,7 god. Greške pri odredjivanju parametara λ i $T_{1/2}$ ne prevazilaze 10 %; maksimalna greška za veličinu (1) u celom intervalu je do 25 %.

Treba napomenuti da je brzina oslobadjanja cezijuma iz prosečnog čovečijeg tela korelirana sa ukupnim prisustvom ovog radioaktivnog nuklida u čitavoj čovekovoj okolini. Medjutim, u sadašnjem periodu merenjima se može konstatovati da su organizmi izvesnih ispitanika sa potpunim otsustvom cezijuma-137, dok se u drugih mogu naći aktivnosti kao što su bile prosečne vrednosti za ispitivana lica 1975. godine. Ovakvi nalazi upravo idu u prilog opavdanosti sistematskog praćenja sadržaja cezijuma u ljudskim telima.

DECREASE OF ^{137}CS CONCENTRATION IN HUMAN BODY AS A RESULT OF ABANDOMENT OF NUCLEAR WEAPON EXPERIMENTS IN FREE ATMOSPHERE

Measurements of radioactivity in human body was first time made after finishing the construction of the total body monitor, wich made in Institut of nuclear sciences "Boris Kidrič" at the begining of 1966 year. Mean value of Cs-137 in human body was in a good agreement with the mean values obtained in other Europien countries with the similar geographic placement. In present paper the analitical equation and correspondent errors of decrease of amount Cs-137 in human body are given for Belgrade region population in period from 1966 up to 1976 year. The mean value of Cs-137 for the Belgrade population was decreased about 7 times in this period.

Literatura

1. WETHERILL W. WASSERBURG G. Phys.Rev. 1o3, 1956. - 2. MARINELLI D. MILLER C. Radiology, 6, No.1, 1956. -3. RUNDO J. AERE HP/M 126,1958, Harwel. -4. Sources and effects of ionizing radiation, United Nation report, New York, 1974. - 5. BEK-UZAROV Dj. DJUKIĆ Z. II Jugoslov.Simpozijum radiol.zaštite, 1965, Mostar.-6.BEK-UZAROV Dj. DJUKIĆ Z. Izveštaji IBK po ugovorima sa Republ.sekretarijatom za zdravlje i soc.pol. za 1967, 1968, 1969, 197o, 1971, 1972, 1973, 1974, Vinča. - 7. Rapport de Nation Unies, XXIV Session, Suppl. No 13(a),7613, 1969, New York. - 8. DJUKIĆ Z.,BEK-UZAROV Dj. SIMONOVIĆ J. XIV sastanak za nuklearnu medicinu, Galenika, 341, 1977, Beograd.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Aranđelovac - 29, 30, 31 i 1. VI. 1979.

Draganović Borislav, Đurić Gordana, Mićić Gordana

Katedra za radiologiju i fizioterapiju Veterinarskog fakulteta u Beogradu

MOGUĆNOST SMANJENJA NIVOA PRIRODNE RADIOAKTIVNOSTI SIROVOG GOVEĐEG MESA

Kratak sadržaj

Mogućnost smanjivanja nivoa prirodne radioaktivnosti kod mesa vršena je metodom kuvanja pod pritiskom sa promenom tečne faze u vremenu od 30 minuta (2 puta po 15 minuta) kod telećeg i goveđeg mesa. Uzorci su bili uzimani sa pogona teladi i goveda u tovu, kao i sa brdsko planinskih područja. Od tako načinjenih uzoraka polovina je služila kao kontrola, a druga polovina kao eksperimentalni materijal. Kuvanje je vršeno u ekspres loncima "Alupret-Kukta" na 120°C, pritiskom od 2 Atü u vodi za piće koja je izmenjena nakon 15 minuta kuvanja. Kontrolni i kuvani uzorci mesa su mineralizovani, pa iz pepela vršena radiohemijska izdvajanja, radiometrijska i gamaspektrometrijska merenja. Na ovaj način je odredjivana ukupna količina K, sadržaj radiokalijuma 40 i ukupna beta radioaktivnost. Radiohemijska izdvajanja vršena su taložnom metodom pomoću kalignosta, ukupna beta aktivnost na uredjaju LOLA, a gama spektrometrija na spektrometru ND-100 firme " Ortec ".

Smanjivanje prirodne radioaktivnosti u mesu je veoma važan postupak kojim se štiti ne samo lanac ishrane ljudi, već i animalna proizvodnja putem prerade mesa u stočnu hranu (industrijski animalni proteini). Poseban interes zaslužuju postupci kojima se brzo i efikasno smanjuje nivo prirodne radioaktivnosti zbog situacija koje bi u zaštiti životne sredine zahtevale hitne korekcije u lancu ishrane ljudi. Jedan od takvih postupaka je kuvanje mesa pod pritiskom pare sa promenom tečne faze.

MATERIJAL I METOD RADA

Za uzorke mesa uzimane su najbolje vaskularizirane partije muskulature teladi i govedi posle klanja, tj delovi mm quinticeps femoris u fazi zrenja mesa. Meso je sitnjeno na komade težine 20 - 30 g. Postupak kuvanja je vršen tačno po upustvu proizvodjača ekspres lonaca, samo što je nakon polovine predvidjenog vremena trajanja bujon prosipan i zamenjen hladnom vodom kakvom je i započet ovaj tehnološki postupak. Posle tog vremena,koje je u našem slučaju iznosilo 2 X 15 minuta, komadi mesa su mineralizovani uobičajenom tehnikom primenjivanom kod radijacionih ekspertiza mesa (1). Sličan tehnološki postupak primenjivali smo u našim ranijim istraživanjima radiodekontaminacionog efekta svinjskog mesa (2). Za ispitivanje količine ukupnog kalijuma koristili smo taložnu metodu sa natrijum-tetrafenil-boratom (3). Radiometrijska merenja izvršena su na domaćem antikoincidentnom brojačkom uredjaju LOLA (IBK Vinča) a gama-spektrometrijska merenja na gama spektrometru sa 1.024 kanala ND - 100 firme "Ortec".

RAZMATRANJE REZULTATA

Posmatrajući dekontaminacioni efekat kao procenat skinute aktivnosti (%SA) i faktor dekontaminacije (FD) kroz izmerenu ukupnu beta aktivnost (UbA), može se utvrditi evidentna i značajna razlika vrednosti izmedju kontrolnih i oglednih uzoraka. Poslužićemo se uporednim prikazivanjim njihovih srednjih vrednosti.

TAB. br. 1
Uporedni prikaz srednjih vrednosti UbA svežeg i kuvanog govedjeg i telećeg mesa, kao i radiodekontaminacionog efekta.

Vrsta uzorka	U b A svež	pCi/kg skuvan	% SA	FD
goveđe m.	2.345 ± 86	848 ± 56	63,83	2,76
	2.114 ± 72	839 ± 47	60,31	2,51
teleče m.	2.797 ± 73	992 ± 56	68,40	2,75

Rezultati gama spektrometrijskih merenja sadržaja ^{40}K pokazuju da kuvanje pod pritiskom telećeg i goveđeg mesa dovodi do značajne redukcije kalijuma. Ti rezultati su dati kao srednje vrednosti u tabelarnom prikazu.

TAB. br. 2
Rezultati dekontaminacionog efekta kuvanja pod pritiskom goveđeg i telećeg mesa prikazanih po sadržaju ^{40}K.

Vrsta uzorka	pCi ^{40}K / kg svežeg mesa	kuvanog	% SA	FD
goveđe meso	2.073	759	63,4	2,73
	1.749	554	68,3	3,15
teleće meso	2.482	476	68,7	3,19

Dobijeni rezultati pokazuju da se radijaciono opterećenje iz goveđeg mesa nalazi u intervalu 2.345 - 1.749 pCi/kg, dok iz telećeg mesa 2.797 - 2.482 pCi/kg. Veliki deo ove aktivnosti potiče od prisustva radiokalijuma 40. Koristeći se metodom kuvanja govedjeg i telećeg mesa na opisani način postiže se visok dekontaminacioni efekt, koji odstranjuje dve trećine radioaktivnosti nadjene kod sirovih uzoraka mesa. Ovom metodom se nesumnjivo raskidaju i hemijske veze kalijuma i to ne samo u intercelularnim prostorima mišićnih snopova i vlakana, već delimično i unutar mišićnih vlakana. Radiodekontaminacija kuvanjem pod pritiskom sirovog goveđeg i telećeg mesa je moguća i zbog toga što se pH vrednosti tokom 48 - 72 h posle klanja kreću u nivou blage kiselosti čime je omogućen značajan prolaz tečne faze u tkivne i medjućelijske prostore. Iako se gubitkom soka (bujona) gube i mnoge komponente hranjive vrednosti mesa (slobodne amino kiseline, kratki peptidni lanci itd) efekt smanjenja radioaktivnosti u mesu ima dominantni značaj sa gledišta zdravstvene ispravnosti namirnice (govedjeg mesa). Lako izvodljiva metoda kuvanja omogućuje brzu,efikasnu korekciju mesa na radioaktivnost što ima značaja u zaštiti zdravlja ljudi.

SUMMARY

We have examined the possibility of decreasing the level of natural radioactivity of meat by coocking it under pressure and changing the fluid physe in a 30-minute period (twice for 15 minutes) in case of veal and beef. The samples were taken from cattle which were fattened as well as from animals from hilly and moutainous regions. Half the sample were used as control and half as experimental material. Coocking was done in pressure cookers at 120 degrees Celsius and 2 Atü pressure in drinking water which was changed after 15 minutes. The samples were then mineralized and the ash was radiometric and gammaspectrometric measuring was carried out. In this way total beta radioactivity was determined as well as total quantity of potassium and the content of potassium - 40. This method proved the evident radio-decontaminating effect as well as that the natural radioactivity stems up to 80% from radiopotassium - 40.

BIBLIOGRAFIJA

1. Rad.hig.životinja i namirnica anim.porekla, RZN SR Srbije izveštaj za 1978.godinu ;
2. DRAGANOVIĆ B., ĐURIĆ G., PETROVIĆ B., PANIN J. Zbornik IX Simpozijuma JDZZ str 461, 1977 g. ;
3. FANKA T. Mag.teza Centar za multidisc.studije BU, 1978 g.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Milošević Z., Horšić Emilija, Bauman Alica, Kljajić R.

Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb

KONCENTRACIJA URANA U STOČNOJ HRANI

Vršena su ispitivanja koncentracije urana u travi na nekoliko područja BiH. Najniže vrijednosti postignute su u istočnoj Bosni, a kreću se od 0,40 - 15 mikro g/kg suhe trave. U centralnoj Bosni vrijednosti se u prosjeku kreću oko 25 mikro g/kg suhe trave. U zapadnoj Bosni koncentracija urana kreće se od 0 - 18 mikro g/kg suhe trave, osim jednog uzorka koji je premašio 100 mikro g/kg suhe trave. Kako je sadržaj urana u tlu na istoj lokaciji nizak teško je naći tumačenje za ovako visoku vrijednost koja nije na drugim lokacijama ponovljena.

Uvod

Ispitivanja količine urana u travi vršena su na nekoliko područja BiH, u okviru prikupljanja podataka o prirodnoj aktivnosti BiH.

Pošto je poznato da je biljni pokrov vrlo često indikator za prisutnost urana i to je bio jedan od uzroka da se pristupi ispitivanju urana u stočnoj hrani.

Eksperimentalni rezultati

Eksperimentalni rezultati prikazani su u tab. 1,2 i 3.

Tab. 1.

Količina urana u travi centralne Bosne

Uzorak	mikro gU/kg suhog uzorka	
1	0,70	
2	12,01	
3	1,07	X iznosi 5,18
4	5,10	
5	8,04	
6	5,52	
7	0,50	
8	8,90	

Tab. 2

Količina urana u travi sjeverozapadne Bosne

Uzorak	mikro gU/kg suhog uzorka	
1	120,6	
2	ø	X= 32,22
3	18,0	ili ako isključimo
4	18,50	120,6
5	4,01	X 8

Tab. 3

Količina urana u travi jugozapadne Bosne

Uzorak	mikro gU/kg suhe trave	
1	18,00	
2	20,10	
3	36,50	X = 22,55
4	15,60	

ZAKLJUČAK

Rezultati su pokazali da je najniža aktivnost urana u travi centralne Bosne. Većina rezultata sjevero - jugozapadne Bosne istog je reda veličine osim rezultata od 120 mikro g/kg suhe trave.

Vrijednost od 120 mikro gU/kg suhe trave iznenađuje , jer koncentracija urana na istoj lokaciji u tlu ne odskače od ostalih vrijednosti, a po slojevima iznosi na dubini od 0-5cm 0,55 , u dubini od 5-10 cm 0,17 i na dubini od 10-15 cm 1,82 mikro gU/kg tla.

Summary

Results are given for the uranium content of different forage samples on the territory of Bosna Hercegovina. Only 1 value reaches 120 ug/kg of forage.

Literatura

1. HORŠIĆ EMILIJA, MILOŠEVIĆ Z.,BAUMAN ALICA : Veterinaria 26, 560, / 1977 /.
2. MILOŠEVIĆ Z., HORŠIĆ EMILIJA, BAUMAN ALICA, KLJAJIĆ R., MILANOVIĆ A.: Veterinaria 26 , 550, / 1977 /.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Aranđelovac, 29,30, 31.V i 1.VI.1979

SADRŽAJ ^{40}K KOD ŽIVINE IZ INTENZIVNOG UZGOJA

Čirković M., Đurić Gordana, Petrović B.

Poljoprovredni fakultet - OOUR Veterinarski institut Novi Sad

Veterinarski fakultet - Beograd, Katedra za radiologiju

KRATAK SADRŽAJ

Meren je sadržaj kalijuma-40 u mesu brojlera i nosilja, kao i u kompletnim krmnim smešama korišćenim za ishranu živine.

Rezultati ukazuju da kalijum-40 predstavlja 93% radijacionog opterećenja ispitivanog sistema u odnosu na ukupnu beta aktivnost . Odnos kalijuma-40 u sistemu krmna smeša-meso je u opsegu 0,005 do 0,035 .

U intenzivnom uzgoju živine, specifičnim načinom ishrane, preko kompletnih krmnih smeša, obezbedjuju se svi proteini, vitamini, makro- i mikroelementi i drugo, što je neophodno za kvalitet mesa i jaja. U fiziološkim procesima kod živine, kalijum je izuzetno značajan u elektrolitičnom bilansu tkivnog metabolizma . Živina u intenzivnom uzgoju hranom dobija dovoljno kalijuma preko biljnih i animalnih proteina, ali i pored toga hipokalemija je moguća (1).

Dnevne potrebe živine u kalijumu su 0,2% do 0,4% u obroku (2) . S obzirom na sadržaj kalijuma-40 u ukupnom kalijumu (3), očekuje se odredjeno radijaciono opterećenje živine, a samim tim i mesa i jaja ovim radioaktivnim izotopom . Poznavanje ovog radijacionog opterećenja ima značaja pri proceni radijaci-

Doprinos kalijuma-40 (D ^{40}K%) u ukupnoj beta aktivnosti kod ispitivanih uzoraka je u proseku oko 93% (tabela 3), odnosno odnos UbA / ^{40}K je konstantan i iznosi 1,1 za sve uzorke. Ovaj odnos omogućava određivanje sadržaja kalijuma-40, odnosno ukupnog kalijuma preko ukupne beta aktivnosti i obrnuto .

Tabela 3.

DOPRINOS KALIJUMA-40 U UKUPNOJ BETA

AKTIVNOSTI HRANIVA I MESA

V E L I Č I N A	V R S T A U Z O R K A				
	Starter	Finišer	KKSN	M E S O	
				brojleri	nosilje
UbA (pCi/kg svežeg uzorka)	9024	7305	6778	b) 2952 c) 2405	2715 2462
D ^{40}K %	92,1	92,1	92,1	b) 91,9 c) 95,0	91,8 93,4

b)= belo meso
c)= crno meso

Odnos sadržaja kalijuma-40 u ukupno konzumiranoj hrani u toku života jedinke i sadržaja kalijuma-40 u ukupnoj mukulaturi ukazuje na različito radijaciono opterećenje finalnog proizvoda (meso), a i na nejednako iskorišćavanje hrane od strane živine sa različitog lokaliteta . Zapaženo je, da kod hranive gde je sadržaj animalnih proteina veći, a time je i sadržaj K-40 manji, manje je radijaciono opterećenje, a stepen iskorišćenja hrane je veći (tabela 4) . Tako na primer, kod brojlera sa mesta IV uzorkovanja sadržaj K-40 je najveći u konzumnoj hrani (37.688 pCi po ukupnoj hrani) a stepen iskorišćenja hrane (SI) je najmanji (2,4%) . Kod ostalih jedinki brojlera ova vrednost je ~ 3%.

Tabela 4.

RADIJACIONO OPTEREĆENJE OD ^{40}K

ZA SISTEM HRANA - MESO

MESTO UZORKOVANJA	H R A N A (pCi po uzorku)	M E S O (pCi po uzorku)	S I
I	1) 20.382	586	0,029
	2) 323.263	1.690	0,005
II	1) 22.393	785	0,035
	2) 309.069	2.135	0,007
III	1) 21.060	645	0,031
	2) 323.263	1.992	0,006
IV	1) 37.688	923	0,024
	2) 325.054	2.014	0,006

1)= brojleri
2)= nosilje

U hranivima za nosilje sadržaj kalijuma-40 je znatno veći, kao i u mesu, ali je stepen opterećenosti ovog mesa znatno manji nego kod brojlera (~ 0,6%). Takodje, manji sadržaj K-40 u hranivima daje veće iskorišćenje hrane (~ 0,7% za mesto uzorkovanja II) .

Z A K L J U Č A K

Na osnovu izloženih rezultata radiometrijskih ispitivanja može se zaključiti sledeće:

1. Sadržaj kalijuma-40 u hranivima za ishranu živine ukazuje na odnos biljnih i animalnih proteina u njima;
2. Ustanovljavanjem odnosa kalijuma-40 može se steći uvid u stepen iskorišćenja hrane;

3. Utvrdjivanje hipokalemije u organizmu ukazuje istovremeno i na deficiternost kalcijuma;

4. Radijaciono opterećenje živinskog mesa od ^{40}K zavisi od načina ishrane živine : veće unošenje animalnih proteina u organizam doprinosi većem iskorišćavanju hrane i manjem radijacionom opterećenju .

A B S T R A C T

The content of potassium-40 in broiler and hen meat and complete poultry nutrition mixtures was measured . The results indicate that potassium-40 presents about 93% of the radiation burden in the examined system, in respect to the total beta activity . The ratio of potassium-40 in the system nutrition mixture-meat ranged from 0.0052 to 0.035 .

B I B L I O G R A F I J A

1. Milosavljević Ž.,Pauća V. (1978) : Stočna hrana. Privredni Pregled, Beograd.

2. Bell Dj., Freeman B.M. (1971): Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl. Academic Press. London & New York(Second Edit.)

3. Djurić Gordana, Petrović B.(1976): Praktikum za radijacionu higijenu. Beograd. Naučna knjiga.

4. Polivektov N.S. (1967): Metodi analizi po fitimetrii plameni. Himija. Moskva.

5. Kaneko J.J., Cornelius C.E.(1971) : Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Academic Press. London & New York (Second Edit.)

6. Stevenson D.E., Wilson A.A.(1973) : Metabolic Disordes of Domestic Animals. Blackwell Scientific Publication. Oxford.

7. Dukes H. (1975) :Fiziologija domaćih životinja(prevod sa engleskog). Sarajevo. Svetlost (VIII izdanje).

8. Nikolić B. (1975) : Biohemija. Naučna knjiga. Beograd

X. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29.V. do 1.VI.1979.

Slobodanka Stanković, Jevrosima Begović, R. Mitrović

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

ADSORPCIJA I PENETRACIJA ^{137}Cs U JAJETU, KAO BIOLOŠKOM SISTEMU

U ovom radu prikazani su rezultati adsorpcije i penetracije ^{137}Cs u jestivom delu jajeta u uslovima njegove kontaminacije radioaktivnim cezijumom. Ispitivanja su vršena u difuzionoj ćeliji, pri čemu je u funkciji vremena praćena inkorporacija i penetracija ovog radionuklida u uzorcima opne, belanca i žumanca. Opna jajeta, koja se nalazi neposredno uz ljusku, posmatrana je kao biomembrana odredjenih površinskih osobina koje odredjuju proces adsorpcije i penetracije jona.

Uvod

U našim prethodnim ispitivanjima pratili smo difuziju jona cezijuma, kalcijuma, stroncijuma itd, kroz celuloznu membranu (1,2), pri čemu smo odredili diferencijalni koeficijent permeabilnosti za pomenute jone.

U ovom radu smo izučavali difuziju radioaktivnog cezijuma-137 kroz opnu jajeta, koja se nalazi neposredno uz ljusku. Ispitivanja su vršena u difuzionoj ćeliji, koju čine dva odeljka razdvojena membranom. Difuziju ^{137}Cs smo najpre pratili iz vodenog rastvora u belance, zatim iz vodenog rastvora u žumance i najzad iz nativnog belanca u žumance. Cilj ovakvih ispitivanja je bio da se preko vrednosti difuzionih koeficijenata za cezijumove jone ispita sam proces difuzije radioaktivnih jona, koliko je zavistan od hemijske prirode jona koji difunduje i od prirode same opne, njene strukture i njenih površinskih osobina. Sagledavanje svih ovih parametara je veoma važno sa aspekta zaštite proizvoda, za ishranu ljudi, od radioaktivne kontaminacije.

Koeficijenti difuzije odredjivani su preko fluksa radioaktivnog cezijuma koristeći modifikovanu jednačinu za Fick-ov zakon difuzije (3), pri čemu je

$$J_i = \frac{-D \times C}{d}$$

J_i označava jonski fluks

C je molarna koncentracija

d je debljina membrane

Istovremeno sa difuzijom Cs-137 praćena je i adsorpcija ovog jona na opni jajeta, odredjivanjem adsorpcionog kapaciteta opne za Cs jon na odredjenoj površini membrane. Adsorpcioni kapacitet je takodje odredjen i u odnosu na odredjenu težinu opne.

Materijal i metod rada

Rastvor $^{137}CsCl$ nabavljen je od Radiochemical Center - Amersham - Engleska, kao carrier free. Da bismo mogli da proračunavamo vrednosti za koncentracije difundujućih i adsorbovanih jona u rastvor $^{137}CsCl$ dodavali smo stabilni cezijum kao nosač u koncentraciji od 80×10^{-6} g Cs/ml. Svaki odeljak difuzione ćelije imao je zapreminu od 90 ml.

Opna jajeta izolovana je iz jaja kokoši nosilja rase Prelux. Njena efektivna površina iznosila je 8,23 cm^2, a debljina 0,0015 cm. Ova opna čini 4-5% od celokupnog omotača jajeta i uglavnom sadrži proteine izuzev malih količina vode i tragova minerala. Prosečni hemijski sastav opne jajeta je sledeći (4):

	g	%
Voda	0,06	20
Soli	0,24	80
Org. mat.	0,21	70
Proteini	0,21	70
Neorg. mat.	0,03	10

Proteini koji ulaze u sastav opne su po svojoj hemijskoj strukturi vrlo bliski keratinu. Po nekim autorima I sloj opne koji se nalazi neposredno uz ljusku se sastoji iz keratina, dok su ostala dva sloja sastavljena iz mukoproteina.

Radioaktivni cezijum dodavan je u koncentraciji od 2,2 uC odnosno 81,40 kBq u odeljak sa destilovanom vodom i praćenjem porasta radioaktivnosti u belancu u funkciji vremena ispitivana je difuzija ovog radionuklida. Uzorci su uzimani 1., 2., 3., 5., 7. i 24. časa od početka eksperimenta. Njihova radioaktivnost merena je na scintilacionom brojaču Philips sa NaJ kristalom aktiviranim talijumom, efikasnosti 25%. Na isti način praćena je i difuzija cezijuma iz vodenog rastvora u žumance i iz belanca u žumance i u svim slučajevima su odredjene vrednosti za difuzione koeficijente jona cezijuma.

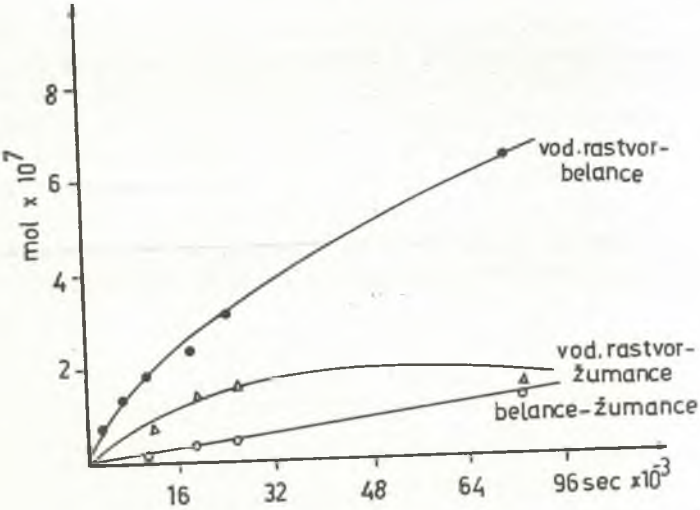
Rezultati i diskusija

Rezultati dobiveni ovim ispitivanjima prikazani su u tabelama 1. i 2. i grafički dijagramom 1.

Tabela 1. Transport ^{137}Cs kroz opnu jajeta

	časovi	1	2	3	5	7	23	$Dx10^9 cm^2 sec^{-1}$
Vod.rastvr belance	A(Bq)	1,39	4,29	5,94	7,72	36,3	227,10	7,3
	I_s molx10^7	0,84	1,33	1,84	2,40	3,10	6,40	
Vod.rastvr žumance	A(Bq)	-	-	2,64	11,55	17,95	62,04	2,1
	I_s molx10^7	-	-	0,81	0,41	1,59	1,67	
Belance - žumance	A(Bq)	-	-	-	2,20	5,64	56,85	1,9
	I_s molx10^7	-	-	-	0,20	0,50	1,46	

Transport jona ^{137}Cs u f-ji vremena prikazan je i grafički na dijagramu 1.



Dijagram 1. Transport cezijuma-137 kroz opnu jajeta

Pri ispitivanju adsorpcije ^{137}Cs na površini opne jajeta u toku 23 časa dobili smo sledeće vrednosti za adsorpcioni kapacitet ove opne (tabela 2).

Tabela 2. Vrednosti za adsorpcioni kapacitet opne jajeta za ^{137}Cs

	V. rastvor-belance	V. rastvor-žumance	belance-žumance
A x 10 mg $^{137}Cs/8,23\ cm^2$	8,69	39,85	90,12
A c 10 mg $^{137}Cs/g$	67,97	178,00	139,00

Razmatrajući dobivene rezultate za difuzione koeficijente jona cezijuma pri transportu ovog jona kroz opnu iz vodenog rastvora u belance, žumance i iz belanca u žumance vidi se da je vrednost difuzionog koeficijenta u prvom slučaju najveća i iznosi 7,3 x 10^{-9} $cm^2 sec^{-1}$, što bi se pre svega moglo objasniti smanjenom vrednošću za adsorpcioni kapacitet opne za cezijumov jon u odnosu na ostale slučajeve. Manje vrednosti difuzionog koeficijenta u slučaju transporta cezijumovog jona iz vodenog rastvora u žumance i iz belanca u žumance, pored povećane adsorpcije jona cezijuma na površini opne (tabela 2), mogu se objasniti i samom strukturom opne. Struktura opne je slojevita i sastavljena iz vrlo vrlo finih razgranatih vlakana keratina i mukoproteina koji formiraju mrežu, vrlo postojanu membranu čiji se dijametar pora kreće od 0,002 do 0,01 mm. Kako je proces difuzije, pored ostalih parametara, odredjen i odnosom veličina jonskog radijusa i pore membrane treba očekivati da transport jona ^{137}Cs iz belanca bude usporeniji u odnosu na cezijum iz vodenog rastvora, što je potvrdjeno i našim rezultatima, tabela 1. Ispitivanja J.Begović i saradnika (5) pokazuju da se ^{137}Cs najvećim delom vezuje za neproteinski deo belanca i samim tim menja svoj radijus.

Uzimajući u obzir da je polazni rastvor sadržavao 2,2 μC odnosno 81,40 kBq, a da se registrovane aktivnosti posle transporta cezijuma u toku 23 časa kreću od 56,85 do 227,10 Bq možemo zaključiti da vrlo mali procenat cezijuma difunduje kroz opnu i to od 0,06 do 0,28%. Tako opna jajeta svojom strukturom predstavlja dobru zaštitu jestivog dela jajeta od radioaktivne kontaminacije.

Zaključak

Na osnovu izvršenih ispitivanja možemo izvesti sledeće zaključke.

1. Transport jona cezijuma-137 kroz opnu jajeta je znatno usporen ako ovaj jon difunduje kroz opnu iz nevodenog rastvora (belanca). Vrednost koeficijenta difuzije je smanjena od 7,3 do 1,9x10^{-9} cm^2 sec^{-1}.

2. Difuzija iz belanca je usporenija i zbog povećanog adsorpcionog kapaciteta opne za cezijumov jon u odnosu na vodeni rastvor. Adsorpcija cezijuma iz vodenog rastvora iznosi 0,869 mg $^{137}Cs/8,23$ cm^2, a iz belanca 9,012 mg $^{137}Cs/8,23$ cm^2

3. Opna jajeta svojom strukturom predstavlja dobru zaštitu jestivog dela jajeta od radioaktivne kontaminacije, jer se transport jona cezijuma kreće od 0,06 do 0,28%.

ADSORPTION AND PENETRATION OF ^{137}Cs IN EGG, AS BIOLOGICAL SYSTEM

Summary

In this work are presented the results of adsorption and penetration of ^{137}Cs in the edible part of egg in the conditions of its contamination with radioactive cesium. The examinations were carried out in a diffusion cell, and the incorporation and penetration of this radionuclide in the samples of membrane, egg white and yolk were followed in the function of time. The membrane which is next to the shell has been observed as biomembrane with definite surface characteristics defining the process of adsorption and penetration of ion.

Literatura

1. S. Stanković, W. Dorst: Thermodynamical parameters of ions through the membrane, First Europ.Biophysics Congress, Baden 1971.
2. S. Stanković, S. Veljković, J. Gligorijević: Prilog izučavanju nekih fizičko-hemijskih osobina celuloznih membrana, II Jugoslovenski kongres za industrijsku hemiju, juni, 1976.
3. M. Lopez, B. Kipling, H.L. Yeager, Anal. Chemistry, 49, 1977.
4. A.L.Romanoff, A.J. Romanoff: The Avian Egg. John Wiley, Sons Inc, New York, Chapman. Hall Limited, London, 1949.
5. J. Begović i saradnici, neobjavljeni rezultati.

X. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29.V. do 1.VI.1979.

Jevrosima Begović,J.Gligorijević*,R.Mitrović,Slobodanka Stanković

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

*Veterinarski fakultet, Beograd

TRANSLOKACIJA ^{137}Cs U JAJETU U USLOVIMA HRONIČNE KONTAMINACIJE

Radiometrijski je odredjivana radioaktivnost ^{137}Cs u jajima posle 7.dnevne kontaminacije i n v i v o i i n v i t r o. U i n v i v o sistemu jaja su strukturno kontaminirana 7.dnevnom peroralnom kontaminacijom kokoši. Dobijeni rezultati pokazuju visok nivo aktivnosti već 1. dana po kontaminaciji kokoši, kako u ljusci tako i u jestivnom delu. Rezultati radiometrijskih merenja jaja kontaminiranih u i n v i t r o sistemu pokazuju nizak nivo aktivnosti kako u ljusci tako i u jestivnom delu jajeta. Nivo radioaktivnosti i distribucija kontaminanta u pojedinim delovima jajeta je neravnomerna u oba sistema i održava se tokom celog eksperimenta. Uporedjivanjem dinamike kontaminacije jaja zapaža se vremensko pomeranje nivoa radioaktivnosti u jajima kontaminiranih i n v i t r o u odnosu na i n v i v o sistem.

Izučavanje translokacije biološki značajnog radionuklida ^{137}Cs predstavlja aktuelno naučno i praktično područje radijacione higijene animalne proizvodnje - kao važnog medijatora u procesu radiokontaminacije stanovništva. Intezivna migracija ovog radionuklida u ciklusu: životna sredina - animalna proizvodnja - čovek, nameće potrebu sistematskog istraživanja svih relevantnih faktora, koji doprinose boljem upoznavanju složenih biofizičkih i metaboličkih procesa u svim fazama translokacije.

Medju produktima animalnog porekla značajno mesto imaju jaja, kao izvor (živinsko meso, jaja) visoko vrednih belančevina neobhodnih ljudskoj ishrani. Osim značaja, koji jaja imaju za reprodukciju živine i ishranu ljudi, ona su izvanredan model za istraživanja i n v i v o. Kao relativno jednostavan i zatvoren sistem sa izvanrednim biološkim potencijalom (oplodjena jaja) ona omogu-

ćuju da se na njima kvalifikovano (detaljno) istražuju složeni biofizički i metabolički procesi dinamike strukturne kontaminacije i translokacije.

Obzirom na višestruki značaj jaja u ishrani ljudi, ona su predmet sistematskih ispitivanja i sa radijaciono-higijenskog aspekta. U ovom referatu biće iznet deo istraživanja, koja se odnose na translokaciju ^{137}Cs u jajetu u uslovima hronične kontaminacije i n v i v o i i n v i t r o.

Materijal i metode

Kokoši, nosilje, rase "Prelux" (56 jedinki), starosti 8 - 12 meseci, kontaminirane su peroralno radiocezijumom - 137 7 dana uzastopno, dnevnom dozom od 573,5 kBq po jedinki. Jaja su sakupljana svakodnevno do sedmog dana od početka kontaminacije i merena radioaktivnost strukturno ugradjenog kontaminanta u: ljusci, opni belancu i žumancu.

U drugom eksperimentu, koji u odnosu na prethodni predstavlja i n v i t r o sistem, jaja (24 komada) od kokošiju iste rase, potopljena su u fiziološki rastvor (1.800 ml) u koji je svakodnevno dodavano po 573,5 kBq u toku 7 dana. Na svakih 24 sata od početka kontaminacije iz rastvora je vadjeno po 3 jajeta i radiometrijski odredjivana radioaktivnost u ljusci, belancu i žumancu.

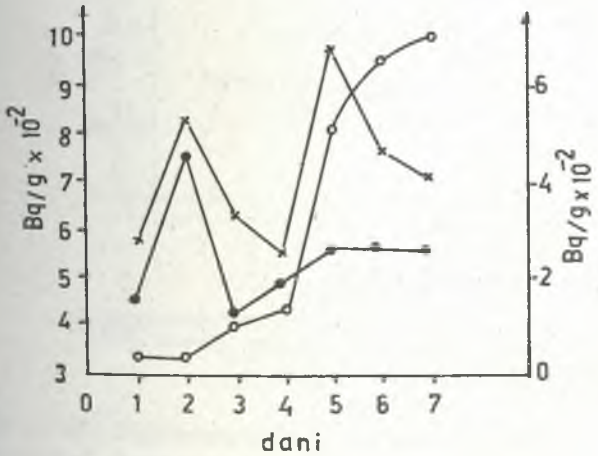
Radiometrijska merenja su vršena na brojačkom uredjaju marke "Philips" sa NaI kristalom, čija je efikasnost 25%. Rezultati predstavljaju srednju vrednost tri pojedinačna uzorka.

U žumancu jaja kontaminiranih i n v i t r o nije detektovana radioaktivnost ovim mernim uredjajem.

Kontrolna grupa jaja sakupljana je od nekontaminiranih kokošiju iste rase.

Rezultati i diskusija

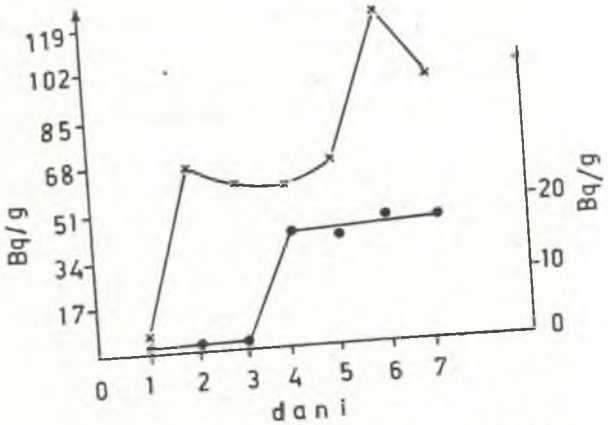
Rezultati dobijeni merenjem radioaktivnosti u strukturno kontaminiranim jajima (in vivo sistem) pokazuju visok nivo radioaktivnosti, kako u ljusci, tako i u jestivnom delu jajeta. Distribucija i akumulacija kontaminanta je neravnomerna u ovim delovima jajeta. Grafikon 1. pokazuje viši nivo radioaktivnosti u ljusci u odnosu na belance i žumance. Na grafikonu se zapažaju dva vrha u aktivnosti ljuske, 2. i 5. dana od početka kontaminacije, dok je kod belanca maksimalna vrednost radioaktivnosti izmerena već 2. dana, posle čega (3. dana) opada približno na polovinu. Aktivnost u belancu ponovo raste do 5. dana i ostaje na istom nivou do kraja eksperimenta (7. dana). Radioaktivnost u ljusci je 2. dana 2 puta viša u odnosu na belance, a 5. dana 3,5 puta (969 Bq : 273 Bq). Aktivnost u žumancu, u prva 3 dana je neznatna u odnosu na belance i ljusku u istom periodu (37-111 Bq : 688 Bq odnosno 820 Bq). Od 4. dana akti-



Grafikon 1. Specifična radioaktivnost u jajetu - in vivo; x__x ljuska, .__. belance, o__o žumance (desna ordinata)

vnosti u žumancu naglo raste i u stalnom je porastu do kraja eksperimenta. Nivo radioaktivnosti u žumancu izmedju 5. i 7. dana je oko 1,7 puta viša nego u belancu za isto vreme. Na grafikonu se zapaža da trend, kako porasta, tako i opadanja radioaktivnosti u belancu i žumancu ne teče paralelno. Dok aktivnost u žumancu još uvek raste u belancu se javlja stagnacija (izmedju 5. i 7. dana).

Poznato je da je raspodela radioaktivnih materija izmedju pojedinih delova jajeta neravnomerna tako da su različiti i koeficijenti prelaza radionuklida iz organizma kokoši u jaje. Nezavisno od porasta radioaktivnih materija u kokoši najveći deo radioaktivnosti akumulira se u ljusci jajeta, a znatno manje u belancu i žumancu (2)

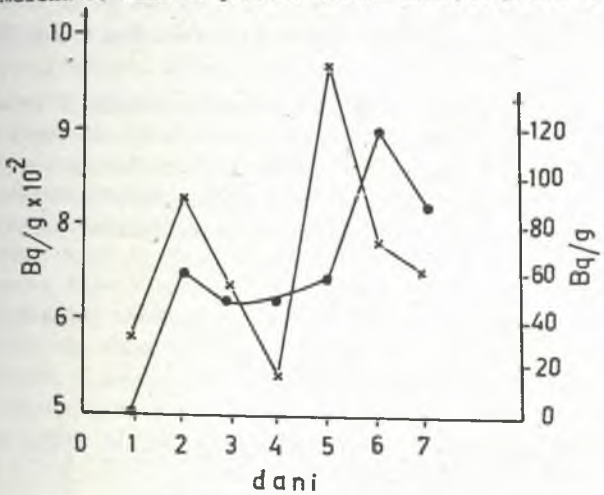


Grafikon 2. Specifična radioaktivnost u jajetu - *in vitro*; ·__· belance (desna ordinata), x__x ljuska

Pri oralnom unošenju radiocezijuma - 137 u organizam kokoši nadjeno je u jajetu 1% od unete količine u toku 24 sata posle čega se dvostruko smanjuje u 67. satu u odnosu na maksimalno zapaženu vrednost (4, 1), što smo i mi zapazili u našim ispitivanjima (graf. 1.) Kontaminacija radioaktivnim cezijumom u toku prvih 24 časa je dva do 3 puta viša u belancu, u kome se ovaj radioizotop inače pretežno i deponuje, (4, 5), nego u žumancu. Pri produženom unošenju ^{137}Cs u

kokoši nosilje nastupa ravnotežno stanje izmedju u organizam unetog radionuklida i njegovog sadržaja u jajetu kroz 6-7 dana, što se u našim rezultatima zapaža u vidu približno ujednačenih vrednosti specifične aktivnosti izmedju 5. i 7. dana (graf. 2.).

U jajima kontaminiranim u in vitro sistemu zapaža se nizak nivo radioaktivnosti, kako u ljusci, tako i u belancu za dva reda veličine u odnosu na in vivo sistem, (graf. 2.). Radioaktivnost u žumancu u ovom sistemu nije detektovana. Radioaktivnost u ljusci se javlja 2. dana od početka kontaminacije i sve do 5. dana održava se približno na istom nivou. Maksimalna vrednost radioaktivnosti u ljusci je izmerena 6. dana od početka kontaminacije, posle čega se odr-



Grafikon 3. Specifična aktivnost ljuske:
x__x ljuska in vivo, ljuska in vitro .__., (desna ordinata)

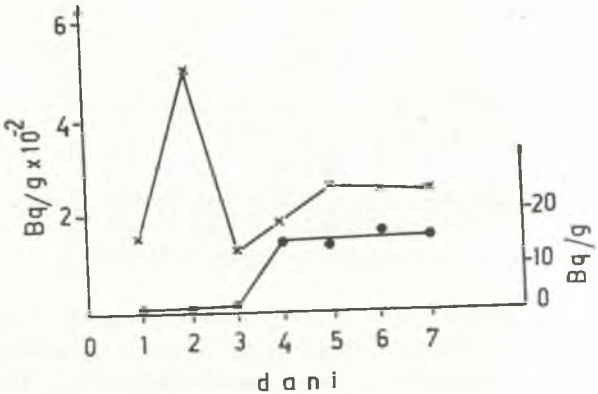
žava na nešto nižem nivou sve do kraja eksperimenta. Radioaktivnost u belancu jaja kontaminiranih in vitro javlja se 4. dana po kontaminaciji i održava se na istom nivou sve do kraja eksperimenta. Aktivnost u belancu 6. dana posle kontaminacije 7 puta je niža od aktivnosti izmerene istog dana u ljusci (17 Bq : 118 Bq).

Grafikoni 3. i 4. prikazuju uporednu dinamiku kontaminacije

u ljusci i belancu u *in vivo* i *in vitro* sistemu.

Dinamiku strukturne kontaminacije ljuske jajeta karakterišu nagli skokovi (2. i 5. dana) i padovi (4. i 6. dana) radioaktivnosti, pri čemu se najveća razlika u nivou aktivnosti javlja izmedju 4. i 5. dana i dostiže odnos 1:2. Dinamika translokacije kontaminanta iz rastvora u ljusku jajeta je različita u odnosu na dinamiku strukturne kontaminacije ljuske jajeta. Nivo radioaktivnosti u ljusci ravnomerno se povećava od 2. dana posle kontaminacije dostižući najvišu vrednost 6. dana. Maksimalna vrednost u ljusci jaja kontaminiranih *in vitro* javlja se 24 časa docnije u odnosu na najviši nivo aktivnosti ljuske jaja strukturno kontaminiranih, što se zapaža i na grafikonu 3.

Poredjenjem dinamike kontaminacije belanca u strukturno kontaminiranim jajima u odnosu na translokaciju kontaminanta iz rastvora kroz ljusku i opnu u belance, zapaža se nagli porast izmedju 1. i 2. dana, posle čega sledi isti takav oštar pad količine kontaminanta u strukturno kontaminiranom belancu. Dinamika kontaminacije, ovako kon-



Grafikon 4. Specifična radioaktivnost u belancu: x__x *in vivo*, •__• *in vitro* (desna ordinata)

taminiranog belanca se ne menja počev od 5. dana od početka kontaminacije pa do kraja eksperimenta (radioaktivnost se održava na istom nivou). Kod spoljašnje kontaminacije jaja dinamika translokacije kontaminanta je izrazito različita u odnosu na dinamiku strukturne kontaminacije belanca. U toku prva 3 dana kontaminant ne prodire u belance. Izmedju 3. i 4. dana javlja se porast kontaminacije, a od ovog dana pa do kraja eksperimenta nema nikakvih promena u dinamici kontaminacije. Sa grafikona 4. se može videti da vreme uspostavljanja ravnoteže izmedju količine kontaminanta u belancu i spoljnoj sredini u in vitro sistemu počinje 24 sata ranije u odnosu na in vivo.

Uporedna analiza postignutih rezultata pokazuje da postoje znatne razlike u nivou radioaktivnosti i distribuciji kontaminanta izmedju jaja kontaminiranih u in vivo i in vitro sistemu. U jajima strukturno kontaminiranih kao i u njihovim pojedinim delovima: ljusci, belancu i žumancu - dinamika kontaminacije je neravnomerna i zavisna od metaboličkih procesa u toku formiranja jaja u organizmu kokoši, kao i biofizičkih procesa u spoljašnjoj sredini (3, 4). Medjutim, kod jaja kontaminiranih in vitro translokacija kontaminanta se odvija u uslovima tečne faze kontaminanta za vreme ekspozicije jaja kontaminaciji u spoljašnjoj sredini. Iz tih razloga, distribucija kontaminanta kod ovih jaja direktno je zavisna od kontaminabilnosti ljuske i njene propustljivosti u odnosu na veličinu molekula kontaminanta u tečnoj fazi. Postignuti rezultati ispitivanja kontaminacije jaja in vitro pokazuju značajna zaštitna svojstva ljuske u odnosu na jestivni deo jajeta.

Stanković i sarad. (6) su u svojim ispitivanjima propustljivosti opne jajeta (opna izmedju ljuske i belanca) našli da opna, takodje, ispoljava zaštitna svojstva u odnosu na kontaminaciju jestivnog dela jajeta radiocezijumom. Isti efekat je zapažen i u našim ispitivanjima, kada je u toku kontaminacije jaja potopljenih u rastvor radiocezijuma - 137 došlo do naprsnuća ljuske, pri čemu nivo radioaktivnosti u belancu kod ovih jaja nije bio znatno viši u odnosu na jaja sa neoštećenom ljuskom.

Zaključak

Na osnovu rezultata izvršenih istraživanja može se zaključiti sledeće:

Radioaktivnost ^{137}Cs u jajima strukturno kontaminiranih 7. dnevnom peroralnom kontaminacijom kokoši neravnomerno je raspodeljena, kako u ljusci, tako i u jestivnom delu jajeta. Dinamika strukturne kontaminacije karakterišu nagli skokovi (2. i 5. dana) i padovi (4. i 6. dana) radioaktivnosti, dok je u belancu i žumancu ona ravnomernija, ali dva do pet puta niža.

Dinamika translokacije kontaminanta iz rastvora u jaje u ljusci i belancu je ravnomernija, nivo aktivnosti znatno niži, a vreme prodiranja kontaminanta produženo u odnosu na dinamiku strukturne kontaminacije.

Ljuska kontaminiranih jaja u *in vitro* sistemu ispoljava značajna zaštitna svojstva.

TRANSLOCATION OF ^{137}Cs IN EGG BY CHRONIC CONTAMINATION

Summary

Radioactivity of ^{137}Cs in eggs after 7 day *in vivo* and *in vitro* contamination was determined radiometrically. The eggs *in vivo* have been structurally contaminated by 7 day peroral contamination of hens. The obtained results show high level of activity in both shell and edible part of egg as early as on day one after contamination of hens. The results of radiometric measurings of egg *in vitro* show low level of activity in both shell and edible part of egg. The level of radioactivity and distribution of the contaminant in different parts of egg was found to be uneven in both systems and is maintained during the whole experimental period. By comparing the dynamics of egg contamination differences in the level of radioactivity in contaminated eggs was noticed *in vitro* in relation to *in vivo* system.

Literatura

1. BEGOVIĆ,J.,GLIGORIJEVIĆ,J.,STANKOVIĆ,S.i MITROVIĆ,R.IXth Annual Meeting of ESNA, 2-9 septembar,1978.Brno,Čehoslovačka.-2.KOLDAEVA, K.A.,ANNENKOV,B.N.Radioaktivnie izotopi i organizm,"Medicina",str.23, 1969.Moskva.-3.KOMAR,S.Radioaktivnost i pišča čeloveka,str.100,1971, Atomizdat,Moskva.-4.KORNNEV,N.A.,SIROTKIN,A.N. i KORNEEVA,N.V.Sniženie radioaktivnosti v rastenijah i produktah životnovodstva, str.144, 1977."Kolos",Moskva,-5.VOKKEN,G.G.Veterinarnaja radiologija, 1973. "Kolos",Leningrad.-6.STANKOVIĆ,S.,BEGOVIĆ,J.,MITROVIĆ,R. X.Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, 29.V.-1.VI.1979.Arandjelovac.

X SIMPOZIJ JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
ARANDJELOVAC, 29. 30. 31. V i 1. VI 1979.

DOBROSLAV CESAR
Vojna pošta 1827 Zagreb

SPECIFIČNA AKTIVNOST Ac-228 U UGLJENIMA I NJIHOVIM ČVRSTIM OSTACIMA POSLIJE SAGORJEVANJA U TERMOELEKTRANAMA

U ugljenima, pepelima i šljakama nekih termoelektrana na ugljen u SFRJ odredjen je kvalitativno i kvantitativno Ac-228, koji je jedan od članova radioaktivnog niza Th-232. Rezultati su prikazani u tablicama broj 1 i 2.

Potrebno je na početku napomenuti da se do ovdje navedenih podataka došlo "slučajno". U gamaspektrima ugljena i njegovih čvrstih ostataka poslije sagorjevanja koji su uradjeni za kvalitativnu analizu niza U-238 registrirani su vrhovi uzrokovani gama zračenjem energije 338 KeV-a od Ac-228. Iako je metoda mjerenja bila usmjerena na kvalitativno odredjivanje niza U-238 i kvantitativno odredjivanje Bi-214, koji je član niza U-238, ipak je bilo moguće kvantitativno odrediti Ac-228 uz neka pojednostavljenja, koja ne unose u rezultate značajnije pogreške. Obradjeni su uzorci iz slijedećih termoelektrana: Šoštanj - 335 MW - lignit, Trbovlje - 24 MW - lignit, Obrenovac - 210 MW - lignit, Tuzla - 200 MW - lignit i mrki ugljen, Plomin - 125 MW - kameni ugljen. Navedene snage termoelektrana nisu snage njihovih proizvodnih kapaciteta, već snage dijela pogona gdje su uzeti uzorci. Poslije sagorjevanja ugljena u termoelektranama ostaje 5 - 35% čvrstog ostatka ovisno o vrsti ugljena. Od čvrstog ostatka ima 90 - 97 % pepela i 3 - 10 % šljake ovisno o tehnološkom rješenju termoelektrane i vrste ugljana.

Aktivnost uzoraka odredjena je mjerenjem gama zračenja Ge-Li detektorom vezanim na 400 kanalni analizator. Integracijom površine u gama spektru ispod vrha uzrokovanog gama zračenjem 338 KeV-a od Ac-228 odredjena je aktivnost svakog uzorka uz korekciju osnovnog zračenja, mrtvog vremena i efikasnosti mjernog uredjaja, samoapsorpcije u uzorku i postotka broja emitiranih fotona u odnosu na broj raspada. Obradjeno je ukupno 31 uzorak. Srednje vrijednosti mjerenjem dobivenih podataka prikazane su u tablicama broj 1 i 2.

Tablica broj 1 : Specifične aktivnosti Ac-228 u ugljenima, pepelima i šljakama pojedinih termoelektrana.

Termoelektrana	Prosječne specifične aktivnosti					
	Ugljen		Pepeo		Šljaka	
	pCi/g	Bq/kg	pCi/g	Bq/kg	pCi/g	Bq/kg
Šoštanj	1,35	50	3,73	138	2,33	86
Trbovlje	0,96	36	3,53	131	3,53	131
Obrenovac	1,31	48	4,08	151	0,61	23
Tuzla	1,25	46	1,74	64	1,40	52
Plomin	0,57	21	0,30	11	0,33	12

Tablica broj 2 : Specifične aktivnosti Ac-228 po vrstama ugljena.

Vrsta ugljena	Prosječna specifična aktivnost			
	pCi/g =μCi/toni	pCi/kcal	Bq/kg	Bq/J
Lignit	1,22	45	0,55	4,9
Kameni	0,57	21	0,09	0,8

Ac-228 je jedan od članova radioaktivnog niza Th-232. Radioaktivni niz Th-232 počinje sa radioaktivnim Th-232, a završava se stabilnim Pb-208. U nizu ima 11 radionuklida. Budući da, Th-232 ima najduže vrijeme poluraspada ($1,41 \cdot 10^{10}$ g.) u odnosu na ostale članove niza smije se predpostaviti da je niz u radioaktivnoj ravnoteži u uzorcima ugljena, pepela i šljake. To znači da je aktivnost bilo kojega člana niza jednaka aktivnosti bilo

kojeg drugog člana tog niza. Prvenstvene prostor u ovom izlaganu uskraćuje diskusiju i analizu predpostavke da je niz Th-232 u radioaktivnoj ravnoteži u ugljenima, pepelima i šljakama. Analiza te predpostavke je provedena i autor će vrlo rado prihvatiti diskusiju o toj analizi.

M.Eisenbud i H.G.Petrow su 1964. godine izmjerili u uzorcima ugljena iz Appalachian gorja (SAD) specifičnu aktivnost Ra-228 koja je iznosila 2,4 ± 0,4 pCi/g i Th-228 koja je iznosila 2,6 ± 0,4 pCi/g.

L.B.Lave i L.C.Freeburg objavili su 1973. godine da godišnje u atmosferu odlazi 0,ole8 Ci Ra-228 od sagorjevanja ugljena u termoelektrani snage 1000 MW.

Zaključak:

1. U svim uzorcima ugljena, pepela i šljake dokazan je Ac-228.

2. Uz predpostavku da je radioaktivni niz Th-232 u radioaktivnoj ravnoteži u uzorcima ugljena dobiveni podaci o specifičnoj aktivnosti Ac-228 jednaki su specifičnoj aktivnosti Ra-228 i Th-228 u tim uzorcima ugljena i jednakog su reda veličine kao i podaci koje su izmjerili M.Eisenbud i H.G.Petrow.

3. Samo na temelju ovih podataka nije moguće utvrditi da li termoelektrane na ugljen predstavljaju zanačajne izvore radiološke kontaminacije životne okoline. No, ni bez takovih podataka to nije moguće utvrditi.

4. Sigurno je da se kod sagorjevanja velikih količina ugljena, mjenja lokacija velike količine radioaktivnog materijala, reda veličine nekoliko stotina Ci godišnje (TBq).

We have measured radioactivity of Ac-228 in coal, ashs and slag from some steam power stations working on coal in SFRJ. Ac-228 is a member pf radioactivity line Tf-232. Results are shown in tables No. 1 and 2.

Literatura:

1. L.B.Lave, L.C.Freeburg - Health Effects of Electricity Generation from Ciald, Oil, and Nuclear Fuel - Nuclear Safety Vol.14 No. 5 1973.
2. M.Eisenbud, H.G.Petrow - Radioactivity in the atmospheric effluents of power plants that use fossil fusls - Science 144 p, 1964.
3. + - - - Handbook of chemistry and physics - CRC Press 53 rd edition 1972-1973.

X SIMPOZIJ JUGOSLAVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
ARANDJELOVAC, 29. 30. 31.V i 1.VI 1979.

DOBROSLAV CESAR
Vojna pošta 1827 Zagreb

SPECIFIČNA AKTIVNOST Bi-214 U UGLJENIMA I NJIHOVIM ČVRSTIM OSTACIMA POSLIJE SAGORJEVANJA U TERMOELEKTRANAMA

U ugljenima, pepelima i šljakama nekih termoelektrana na ugljen u SFRJ određjen je kvalitativno i kvantitativno Bi-214, koji je jedan od članova radioaktivnog niza U-238. Rezultati su prikazani u tablicama 1 i 2.

1964. godine su M.Eisenbud i H.G.Petrow izmjerili u uzorcima ugljena iz Appalachian gorja (SAD) specifičnu aktivnost Ra-226 koja je iznosila 3,8 ± 0,4 pCi/g. 1973. godine L.B.Lave i L.C.Freeburg objavljuju da godišnje u atmosferu dolazi 0,0172 Ci Ra-226 od sagorjevanja ugljena u termoelektrani snage 1000 MW. Budući da, se u našoj zemlji oko jedne trećine proizvedene električne energije proizvodi u termoelektranama na ugljen, a kako su Ra-226 i Bi-214 radionuklidi iz radioaktivnog niza U-238, smatralo se vrijednim izmjeriti specifične aktivnosti Bi-214 u ugljenima i njihovim čvrstim ostacima poslije sagorjevanja.

U radioaktivnom nizu U-238 nalazi se 20 radionuklida. Niz počinje radioaktivnim U-238 i završava stabilnim Pb-206. Budući da, U-238 ima najduže vrijeme poluraspada ($4,5 \cdot 10^9$ g.) u odnosu na ostale članove niza smije se predpostaviti da je niz u radioaktivnoj ravnoteži u ugljenima i njihovim čvrstim ostacima poslije sagorjevanja. To znači da je aktivnost bilo kojeg člana niza jednaka aktivnosti bilo kojeg drugog člana tog niza. Sigurno je opravdana diskusija o predpostavci da je niz U-238 u ugljenima i njihovim čvrstim ostacima u ravnoteži. Prvenstveno

prostor u ovom izlaganju uskraćuje diskusiju i analizu te predpostavke. Ta analiza je provedena i autor će vrlo rado prihvatiti diskusiju o analizi te predpostavke.

U želji da se sa što manje troškova i u što kraćem vremenu dobije što bolja slika o prisutnosti niza U-238 u našim termoelektranama, a da se obuhvate termoelektrane različite po veličini i po korištenoj vrsti ugljena sakupljeni su uzorci iz slijedećih termoelektrana: Šoštanj -335MW- lignit, Trbovlje - 24MW- lignit, Obrenovac -210MW- lignit, Tuzla 200MW- lignit i mrki ugljen, Plomin -125MW- kameni ugljen. Navedene snage termoelektrana nisu snage njihovih proizvodnih kapaciteta, već snage dijelova pogona gdje su uzeti uzorci. Poslije sagorjevanja ugljena u termoelektrani ostaje 5-35% čvrstog ostatka ovisno o vrsti ugljena. Od tog čvrstog ostatka 90-97% je pepeo, a 3-10% je šljaka ovisno o tehnološkom rješenju termoelektrane i vrste ugljena.

Aktivnost uzoraka odredjena je mjerenjem gama zračenja Ge-Li detektorom. Izvršena je gamaspektrometrijska kvalitativna analiza 400 kanalnim analizatorom, koja je pokazala da se u svim uzorcima nalaze radionuklidi iz niza U-238. Integracijom površine u gamaspektru ispod vrha koji je uzrokovan gama zračenjem energije 609 KeV-a od Bi-214 odredjena je aktivnost svakog uzorka uz korekciju osnovnog zračenja, mrtvog vremena mjerenja i efikasnosti uredjeja, samoapsorpcije u uzorku i postotka emitiranih fotona u odnosu na broj raspada. Obradjeno je ukupno 34 uzorka ugljena, pepela i šljake. Prosječne vrijednosti mjerenjem dobivenih podataka nalaze se u tablicama 1 i 2.

Zaključak:

1. U svim uzorcima ugljena, pepela i šljake dokazan je Bi-214.

2. Uz predpostavku da je radioaktivni niz U-238 u radioaktivnoj ravnoteži u uzorcima ugljena dobiveni podaci o specifičnoj aktivnosti Bi-214 jednaki su specifičnoj aktivnosti Ra-226 u tim uzorcima ugljena i jednakog su reda veličine kao i podaci koje su izmjerili M.Eisenbud i H.G.Petrow.

Tablica broj 1 : Specifične aktivnosti Bi-214 u ugljenima, pepelima i šljakama pojedinih termoelektrana.

Termoelektrana	Prosječne specifične aktivnosti					
	Ugljen		Pepeo		Šljaka	
	pCi/g	Bq/kg	pCi/g	Bq/kg	pCi/g	Bq/kg
Šoštanj	2,o5	76	10,76	398	8,15	3o2
Trbovlje	1,51	56	3,87	143	2,87	1o6
Obrenovac	1,o3	38	3,21	119	1,o4	38
Tuzla lignit	0,32	12	1,37	51	0,81	30
Tuzla mrki	0,11	4				
Plomin	14,4o	533	28,44	1o52	10,77	398

Tablica broj 2 : Specifične aktivnosti Bi-214 po vrstama ugljena.

Vrsta ugljena	Prosječna specifična aktivnost			
	pCi/g =μCi/toni	pCi/kcal	Bq/kg	Bq/J
Lignit	1,41	0,64	52	5,7
Mrki	0,11	0,o3	4	0,3
Kameni	14,4o	2,4o	533	21,2

3. Samo na temelju podataka ovog rada nije moguće utvrditi da li termoelektrane na ugljen predstavljaju značajne izvore radiološke kontaminacije životne okoline. No, ni bez takovih podataka to nije moguće utvrditi.

4. Sigurno je da se kod sagorjevanja velikih količina ugljena, što je slučaj kod termoelektrana na ugljen, mjenja lokacija velike količine radioaktivnog materijala, reda veličine nekoliko stotina Ci godišnje (TBq).

We have measured radioactivity of Bi-214 in coal, ashes and slag from some steam power stations working on coal in SFRJ. Bi-214 is a member of radioactivity line U-238. Results are shown in tables No. 1 and 2.

Literatura:

1. L.B.Lave, L.C.Freeburg - Health Effects of Electricity Generation from Coald, Oil, and Nuclear Fuel - Nuclear Safety Vol.14 No.5 1973.
2. M.Eisenbud, H.G.Petrow - Radioactivity in the atmospheric effluents of power plants that use fossil fuels - Science 144p, 1964.
3. - - - - Handbook of chemistry and physics - CRC Press 53 rd edition 1972-1973.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29,30,31.05. i 01.06.1979.g.

O.Janković, Lj.Knežević, Ž.Vuković
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
Laboratorija za zaštitu od zračenja

IZUČAVANJE SORPCIJE I MIGRACIJE FISIONIH PRODUKATA U ZEMLJIŠTU

Rezime

Ispitivana je sorpcija radionuklida ^{137}Cs i ^{89}Sr u statičkim uslovima na zemljištu ilitsko peščanog tipa. Iz dobivenih eksperimentalnih podataka izračunati su efektivni koeficijent difuzije Cs i Sr.

1. Uvod

Značajni problemi zaštite životne sredine od zračenja javljaju se u vezi sa nastajanjem radioaktivnih otpadnih materijala.Radioaktivni efluenti se razblažuju i ispuštaju u biosferu ili se koncentrišu i solidifikuju i odlažu u geološke formacije ili izgradjenja skloništa. Odabiranje lokacije skladišta zasniva se na analizi niza faktora i ispunjenja uslova za obezbedjenje prihvatljivog radijacionog rizika.

Poznavanje mehanizama transporta sorpcije radionuklida u različitim tipovima zemljišta daje mogućnost za ocenu pogodnosti odredjenih formacija za prihvatanje i dispoziciju radioaktivnih materija kao i ocenu parametara sa aspekta zaštite od zračenja u

u normalnim i akcidentalnim uslovima.

U ovom radu ispitivana je sorpcija i migracija radionuklida na zemljištu ilitskog tipa sa šireg područja Instituta "Boris Kidrič" u laboratorijskim uslovima.

2. Eksperimentalni deo

Uzorci zemljišta uzimani su sa šireg područja ručnom bušilicom do dubine 5 m. Bušilicom su mogli da se uzimaju uzorci nenarušene strukture.

1.1. Specifična težina zemljišta odredjivana je piknometrom. Specifična težina kretala se od 2,5 do 2,7 gr/cm^3.

1.2. Zapreminska težina skeleta zemljišta predstavlja jedinicu težine zemljišta uz odbitak vode u porama, ali uz održavanje prirodne poroznosti zemljišta. Metalni cilindar zapremine 500 cm^3 napunjen je zemljom nenarušene strukture. Zemlja je sušena na 105°C do konstantne težine, a zatim su izračunati odnosi suve težine zemlje prema zapremini cilindra. Zapreminska težina zemlje kretala se od 1,44 do 1,57 gr/cm^3.

1.3. Vlaga zemljišta. Oko 500 gr zemlje nenarušene strukture sušeno je na 105°C. Vlaga, h, data je odnosom: gubitak vode pri sušenju prema težini suve zemlje. Vlažnost uzoraka kretala se od 0,05 do 0,20.

1.4. Poroznost izračunata prema obrazcu:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho}{d} = 0,57 - 0,58$$

1.5. Mineraloška analiza pokazala je da se radi o glinovito peskovitom zemljištu sa primesama organskog materijala.

1.6. DTA analiza pokazala je da se radi o glini ilitu, pesku i nešto organskog materijala.

1.7. Koeficijent filtracije odredjen je Gerard-ovom metodom i iznosi od 1.10^{-7} do 10^{-5} cm/sec.

1.8. Sorpcioni kapacitet zemljišta. Sorpcioni kapacitet zemljišta odredjivan je u statičkim uslovima u odnosu na Ca^{++} i Na^{+} jone. Zemlja je zasićena Ca^{++} jonima, a zatim ispirana sa NH_4NO_3. Količina Ca^{++} odredjena je EDTA titracijom, dok je Na^{+} odredjen plamenofotometrijski. Kapaciteti zemljišta kretali su se od 0,24 do 0,55 meq/gr.

1.9. Koeficijenti raspodele K_d. Sorpcija radionuklida ispitivana je u statičkim uslovima uravnotežavanjem uzoraka sa rastvorima:

a. sadrže mikrokomponentu ^{137}Cs, a različite konc.Na^{+} i Ca^{++}

b. sadrže mikrokomponentu ^{89}Sr, a različite konc. Na^{+} i Ca^{++}. U svim eksperimentima posle uravnotežavanja meren je pH koji je iznosio pH 8,1 - 8,5. Odnos tečna faza-čvrsta iznosio je 20:1.

Zavisnost sorpcije radionuklida od koncentracije makrokomponente data je zapreminskim koeficijentom raspodele K_d:

$$K_d = \frac{J_o - J_r}{J_r} \cdot \frac{r}{m} \cdot \frac{\rho}{n} \quad \text{(bez dimenzija)}$$

gde je: K_d - zapreminski koeficijent raspodele mikrokomponente

J_o - polazna aktivnost rastvora, Imp/min/cm^3

J_r - ravnotežna aktivnost rastvora, Imp/min/cm^3

v - težina rastvora, gr

m - težina sorbenta, zemlje, gr

ρ - specifična težina zemlje gr/cm^3

n - specifična težina rastvora, uzeta da je 1 gr/cm^3

Vrednosti dobivene za K_d predstavljaju srednju vrednost 4 paralelne probe.

3. Diskusija i zaključak

Za opisivanje migracije u zemljištu neophodno je imati podatke o sadržaju sorpcione faze, kondenzovane vode u zemljištu,

u normalnim i akcidentalnim uslovima.

U ovom radu ispitivana je sorpcija i migracija radionuklida na zemljištu ilitskog tipa sa šireg područja Instituta "Boris Kidrič" u laboratorijskim uslovima.

2. Eksperimentalni deo

Uzorci zemljišta uzimani su sa šireg područja ručnom bušilicom do dubine 5 m. Bušilicom su mogli da se uzimaju uzorci nenarušene strukture.

1.1. Specifična težina zemljišta odredjivana je piknometrom. Specifična težina kretala se od 2,5 do 2,7 gr/cm^3.

1.2. Zapreminska težina skeleta zemljišta predstavlja jedinicu težine zemljišta uz odbitak vode u porama, ali uz održavanje prirodne poroznosti zemljišta. Metalni cilindar zapremine 500 cm^3 napunjen je zemljom nenarušene strukture. Zemlja je sušena na 105°C do konstantne težine, a zatim su izračunati odnosi suve težine zemlje prema zapremini cilindra. Zapreminska težina zemlje kretala se od 1,44 do 1,57 gr/cm^3.

1.3. Vlaga zemljišta. Oko 500 gr zemlje nenarušene strukture sušeno je na 105°C. Vlaga, h, data je odnosom: gubitak vode pri sušenju prema težini suve zemlje. Vlažnost uzoraka kretala se od 0,05 do 0,20.

1.4. Poroznost izračunata prema obrazcu:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho}{d} = 0,57 - 0,58$$

1.5. Mineraloška analiza pokazala je da se radi o glinovito peskovitom zemljištu sa primesama organskog materijala.

1.6. DTA analiza pokazala je da se radi o glini ilitu, pesku i nešto organskog materijala.

1.7. Koeficijent filtracije odredjen je Gerard-ovom metodom i iznosi od 1.10^{-7} do 10^{-5} cm/sec.

1.8. Sorpcioni kapacitet zemljišta. Sorpcioni kapacitet zemljišta odredjivan je u statičkim uslovima u odnosu na Ca^{++} i Na^{+} jone. Zemlja je zasićena Ca^{++} jonima, a zatim ispirana sa NH_4NO_3. Količina Ca^{++} odredjena je EDTA titracijom, dok je Na^{+} odredjen plamenofotometrijski. Kapaciteti zemljišta kretali su se od 0,24 do 0,55 meq/gr.

1.9. Koeficijenti raspodele K_d. Sorpcija radionuklida ispitivana je u statičkim uslovima uravnotežavanjem uzoraka sa rastvorima:

a. sadrže mikrokomponentu ^{137}Cs, a različite konc.Na^{+} i Ca^{++}

b. sadrže mikrokomponentu ^{89}Sr, a različite konc. Na^{+} i Ca^{++}. U svim eksperimentima posle uravnotežavanja meren je pH koji je iznosio pH 8,1 - 8,5. Odnos tečna faza-čvrsta iznosio je 20:1.

Zavisnost sorpcije radionuklida od koncentracije makrokomponente data je zapreminskim koeficijentom raspodele K_d:

$$K_d = \frac{J_o - J_r}{J_r} \cdot \frac{r}{m} \cdot \frac{\rho}{n} \quad \text{(bez dimenzija)}$$

gde je: K_d - zapreminski koeficijent raspodele mikrokomponente

J_o - polazna aktivnost rastvora, Imp/min/cm^3

J_r - ravnotežna aktivnost rastvora, Imp/min/cm^3

v - težina rastvora, gr

m - težina sorbenta, zemlje, gr

ρ - specifična težina zemlje gr/cm^3

n - specifična težina rastvora, uzeta da je 1 gr/cm^3

Vrednosti dobivene za K_d predstavljaju srednju vrednost 4 paralelne probe.

3. Diskusija i zaključak

Za opisivanje migracije u zemljištu neophodno je imati podatke o sadržaju sorpcione faze, kondenzovane vode u zemljištu,

2. Inoue Y., Disposal of radioactive wastes into the ground, str.199, IAEA, Vienna 1967.

3. Robertson J.B., Bradlongh J.T., Radioactive and chemical wastes transport in ground water, Proc. Int. Symp. on underground waste management and Artificial Recharge New Orliens 26-30 Sept.1973, Am.Assoc. of petroleum Geologist, 1, 241, 1973.

X Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29.V do 1.VI 1979.

A. Vertačnik i S. Lulić

Centar za istraživanje mora, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

UTJECAJ FENOLA NA VEZANJE RADIONUKLIDA ^{137}Cs I ^{60}Co NA PRIRODNE SORBENTE

Vezanje radionuklida ^{137}Cs i ^{60}Co na suspendirani sediment iz filtrirane Savske vode ispitivano je obzirom na koncentraciju fenola u riječnoj vodi, te izraženo kao postotak adsorpcije. Rezultati pokazuju da prisutnost fenola u riječnoj vodi ne utječe na sorpciju ^{137}Cs, dok je sorpcijo ^{60}Co na čestice sedimenta smanjena za vodu s visokom koncentracijom fenola (> 5 mg/l). Pretpostavljeno je stvaranje topivih organskih kompleksa sa ^{60}Co. Direktna radioekološka posljedica je transport kobalta na veće udaljenosti u vodi zagadjenoj fenolom. Pošto je ustanovljen kombinirani efekt ispuštanja radioaktivnog i konvencionalnog zagadjivača (fenola), potrebno je koncentracije fenola uzeti u obzir pri odredjivanju maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK) ^{60}Co u slatkim vodama.

Rashladna voda iz nuklearnih elektrana koja sadrži fisione i korazione radioaktivne produkte ispušta se u prirodne vodene tokove koji mogu biti, i najčešće jesu, zagadjeni drugim industrijskim i gradskim otpatcima. Posljednjih godina obraća se sve više pažnje na efekte istodobne prisutnosti radioaktivnih i konvencionalnih zagadjivača u čovjekovoj okolini (1,2). Svrha ovog rada bila je da se ustanovi utjecaj koncentracije tipičnog industrijskog zagadjivača fenola na sorpciju i transport radionuklida ^{137}Cs i ^{60}Co u sistemu sediment-zagadjena riječna voda.

Eksperimentalni dio

Savska voda uzorkovana kod Podsusedskog mosta u Zagrebu filtrirana je kroz 0,45 μm Millipore filter i odredjeni su fizikalno-kemijski parametri navedeni u Tabeli 1.

TAB. br. 1.

Fizikolno-kemijski parametri Savske vode

Parametar	min.-maks. vrijednost
Otopljeni kisik (mg/l)	5,8 - 10,2
pH	6,2 - 8,4*
BOD_5	1,1 - 15,2
amonijum, (mg N/l)	0,2 - 1,1
nitriti, (mg N/l)	0,07 - 0,22
nitrati, (mg N/l)	0,1 - 3,1
temperatura vode, °C	9,0 - 11,2
orto-fosfati, (mg PO_4/l)	0,33 - 1,04
poli-fosfati, (mg PO_4/l)	0,25 - 2,43
suspendirane tvari, (mg/l)	2 - 44
Ca, (g/l)	3,09(2) - 5,33(2)**
Na, (g/l)	2,97(4) - 7,37(3)
Co, (g/l)	1,65(8) - 2,84(8)
Cs, (g/l)	8,06(9) - 1,45(7)

* za pokuse korištena voda s pH 7,6 ** $5,33(2) = 5,33 \times 10^{-2}$

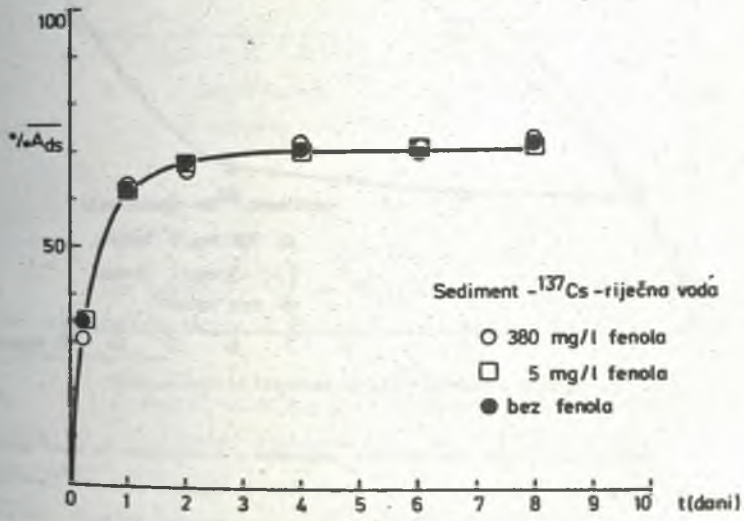
Sedimenti uzorkovani na istom mjestu sadržavali su manje od 1% organskih tvari, uglavnom humusnih kiselina. Pokusi sorpcije "carrier-free" cezija-137 i kobalta-60 visoke specifične aktivnosti iz Savske vode na sediment izvršeni su tehnikom suspenzije koja najbolje simulira prirodne procese u rijeci. U polietilenske flaše odvagani su sedimenti i dodana je riječna voda, odgovarajući radionuklid i fenol, tako da je omjer volumena vode i mase sedimenta bio 400. Sistemi su mučkani 6-28 dana. U određenim vremenskim intervalima sistemi su centrifugirani i uziman je 1 ml supernatanta za mjerenje radioaktivnosti na γ-brojaču. Pokusi su rađeni sa 3 do 4 paralelna uzorka i slijepom probom, a početna aktivnost vodene faze bila je $4,4-5,0 \times 10^4$ imp/minml odnosno $3,25-4,05 \times 10^4$ imp/minml za ^{137}Cs i ^{60}Co. Srednji postotak adsorpcije radionuklida na sediment izračunat je po formuli:

$$\overline{\%Ads_t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{0,t} - A_{i,t}}{A_{0,t}} \times 100$$

gdje je $A_{0,t}$ - aktivnost slijepe probe u času t (imp/minml)
$A_{i,t}$ - aktivnost uzorka i u času t (imp/minml)
n - broj paralelno ispitivanih uzoraka
t - vrijeme kontakta vodene faze i sedimenta (dani)

Rezultati i diskusija

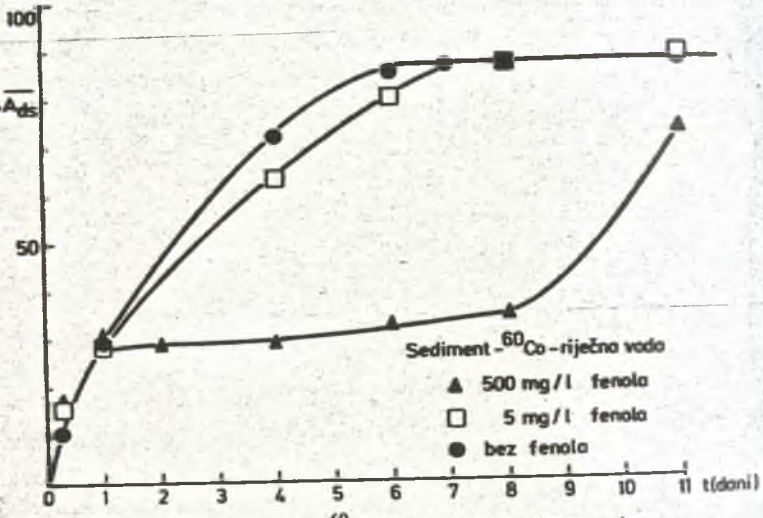
Kinetika sorpcije ^{137}Cs na sediment iz riječne vode bez fenola, iz vode sa 5 mg/l odnosno 500 mg/l fenola prikazana je na Slici 1. Ovako visoke koncentracije fenola mogu se pojaviti u ograničenim područjima, npr. kod ispusta kanalizacije iz tvornica plastičnih masa. Ravnotežna distribucija ^{137}Cs izmedju vode i sedimenta uspostavlja se relativno brzo zbog elektrostatskog mehanizma vezanja iona cezija na površine čestica sedimenta. Naši podaci pokazuju da niti vrlo visoke koncentracije fenola ne utječu na sorpcione procese ^{137}Cs u riječnoj vodi.



Sl. 1. Kinetika sorpcije ^{137}Cs na sediment iz riječne vode

Kinetika sorpcije ^{60}Co iz Savske vode bez fenola, iz vode sa 5 mg/l odnosno 500 mg/l fenola prikazana je na Slici 2. Vidljiva je smanjena sorpcija kobalta iz vode koja sadrži više od 5 mg/l fenola. Retencija kobalta u vodi može se objasniti stvaranjem topivih kobalt-fenola asocijata u alkalnom mediju. U ovom pH području mo-

lekule fenola su u parcijalno disociranim i anionskim formama koje se praktično ne vežu na površinu krute faze (3). Kobalt je u ovom pH području uglavnom u hidratiziranim i kompleksiranim formama, a prevladavajući mehanizam sorpcije je "specifična adsorpcija" (4). Važni faktori koji utječu na adsorpciju ^{60}Co specifičnim mehanizmom su pH sistema, ionska jakost i prisutnost kompleksirajućih liganada. Slika 2. također ilustrira porast postotka adsorpcije kobalta nakon više dana kontakta sedimenta i vode kada je fenol djelomično ili potpuno razgrađen oksidacionim procesima. Nakon razgradnje fenola, kobalt se ponaša kao u jednostavnom sistemu sediment-riječna voda. Iz slike je vidljivo da se adsorpciona ravnoteža uspostavlja kasnije, odnosno da se dio ^{60}Co koji ostaje u fenolom zagađenoj vodi može transportirati na veće udaljenosti.

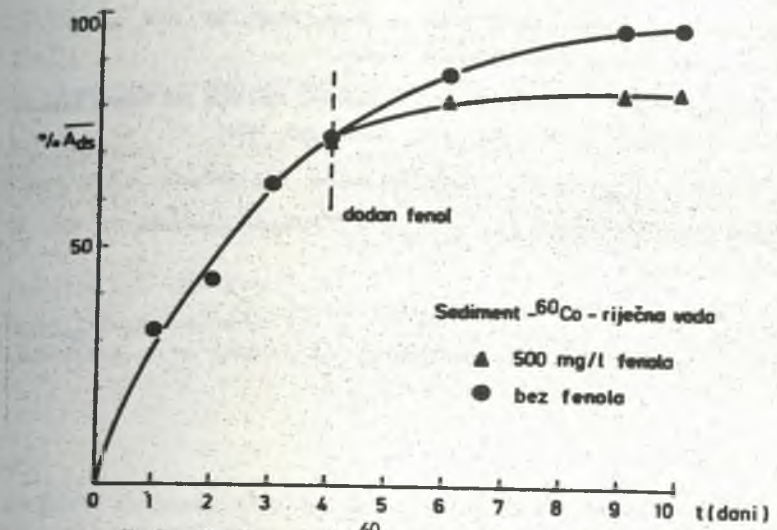


Sl. 2. Kinetika sorpcije ^{60}Co na sediment iz riječne vode.

Ispitane su također radioekološke posljedice u slučaju kada se fenol ispusti u riječnu vodu prethodno zagađenu s ^{60}Co. Kruti fenol je dodan u sisteme ^{60}Co-riječna voda-sediment nakon četiri dana kontakta, tako da je koncentracija 500 mg/l. Dobijene su niže vrijednosti ravnotežnih postotaka adsorpcije od onih za sisteme bez fenola, što znači da se dio aktivnosti ^{60}Co koji ostaje u fenolom zagađenoj vodi može transportirati na veće udaljenosti nizvodno (Slika 3.).

Pošto je ustanovljen kombinirani efekt fenola na sudbinu ^{60}Co ispuštenog u slatkovodne tokove, potrebno je koncentraciju fenola uzimati u obzir pri određivanju

maksimalne dozvoljene koncentracije (MDK) tog radionuklida u slatkim vodama.



Sl. 3. Kinetika sorpcije ^{60}Co na sediment iz riječne vode kojoj je naknadno dodan fenol

Summary

The fixation of ^{137}Cs and ^{60}Co on suspended sediments from filtered river water was determined relative to the phenol concentration in river water, and expressed as percent adsorption.

Experimental results show that the presence of phenol in river water has no effect on ^{137}Cs sorption, while sorption of ^{60}Co on sediment particles is reduced for highly phenol-polluted water (> 5 mg/l). The phenol-influenced formation of soluble organic complexes with ^{60}Co is supposed. Transport of cobalt to longer distance in phenol-polluted water is a direct radioecological consequence. Since the combined effect of radioactive and chemical release is determined, the concentration of phenols should be taken into consideration when maximum permissible level of ^{60}Co in fresh waters is designated.

Literatura:

1. DUURSMA E.K., "Organic Matter in Natural Wastes 1968", 387, 1970, ed. by HOOD D.W., Univ. of Alaska, College, Alaska.

2. KIRCHMANN R.J., "Combined Effects of Radioactive, Chemical and Thermal Releases to the Environment", STI/PUB/404, IAEA, Vienna, 335, 1975.

3. SNOYEINK V.L., WEBER W.J., MARK H., Environ. Sci. Technol., 3, 918, 1969.

4. KESTER D.R., O'CONNOR T.P., BYRNE R.H., Thalassia Jugoslavica, 11, 121, 1975.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29. 30. 31.V. i 1.-VI.1979. godine

Ajdačić N., Gnjatović S., i Vujović V.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"
Laboratorija za zaštitu od zračenja.

KONTROLA RADIOAKTIVNOSTI U RADNIM SREDINAMA FABRIKA ZA PROIZVODNJU FOSFATNIH VEŠTAČKIH DJUBRIVA

Rezime

Rezultati analize izneti u ovom radu bili su osnova za donošenje zaključaka o postojanju, kretanju i sakupljanju radioaktivne komponente u pojedinim fazama tehnološkog procesa u proizvodnji fosfatnih veštačkih djubriva.
Uporednom analizom rezultata dobijenih za uzorke sakupljene u tri pogona, obzirom na različitost tehnoloških postupaka u njima, učinjen je pokušaj da se proceni stepen opasnosti u radnoj sredini, ugroženost šire okoline fabrika i predlože mere zaštite.

Uvod

U proizvodnji fosfatnih veštačkih djubriva, sirovi fosfat (mineral fosforit) se dvojako koristi:

a) kao polazna sirovina u proizvodnji fosforne kiseline, čijim se delovanjem, dalje, u proizvodnom procesu finalni proizvod obogaćuje sadržajem P_2O_5 i tako povećava njegova hranljiva

vrednost, potrebna za odredjene vrste agrokultura, i

b) kao polazna sirovina u proizvodnji samih djubriva različitih tipova (PK, NPK), koji se, zavisno od vrste, odlikuju različitim odnosima procentualnih sadržaja pojedinih komponenti (N, P_2O_5, K_2O).

Kako je poznato da fosfatni minerali različitog porekla (kod nas se koriste sirovine uvezene iz Jordana, Togoa, I Maroka) sadrže znatne količine urana, to je cilj ovoga rada bio da se sa aspekta zaštite radne sredine u proizvodnim pogonima i šire okoline fabrika za proizvodnju veštačkih djubriva, sagleda stepen ugroženosti ovih.

U tri proizvodna pogona (Prahovo, Šabac i Novi Sad), izvršena je dozimetrijska kontrola radne sredine i kontrola radioaktivnosti aerosola, a sa onih tačaka u tehnološkom procesu, gde je merenjem ustanovljena znatno povišena doza zračenja, sakupljeni su uzorci za laboratorijsku obradu i merenje totalne beta radioaktivnosti.Na osnovu rezultata ovih merenja i analiza doneti su zaključci o postojanju, putevima rasprostiranja i mestima sakupljanja radioaktivne komponente u pojedinim fazama tehnološkog procesa, kako u pogonima za proizvodnju fosforne kiseline, tako i u onima za proizvodnju veštačkih djubriva.

Kako tehnološki postupci nisu u svim fabrikama isti, učinićemo pokušaj da, na osnovu naših rezultata, uporednom analizom stanja u pojedinim pogonima, istaknemo odlike pojedinih tehnoloških postupaka sa aspekta mogućnosti kontaminacije radne i životne sredine i predložimo mere koje bi umanjile ugroženost zaposlenih u pogonu.

Mogućnost eksploatacije radioaktivne komponente u ovim pogonima, predstavlja drugi vid prilaza ovom problemu i nije predmet naših ispitivanja.

Eksperimentalni rezultati rada

Sistematskim dozimetrijskim merenjima u pogonima fabrika za proizvodnju fosforne kiseline i veštačkih djubriva u Prahovu, na pojedinim mestima je ustanovljeno povećanje ekspozicione doze zračenja i do 1000 puta u odnosu na fon, koji je iznosio 6-8 μR/h.

U delovima pogona u kojima se zaposleni nalaze tokom celog radnog vremena, izmerene doze zračenja su bile u opsegu od 150-400 μR/h, što predstavlja povećanje od 20 do 50 puta u odnosu na fon. Znači, zaposleni na ovim radnim mestima, trebalo bi da se svrstaju u grupu lica profesionalno izloženih jonizujućem zračenju.

Slična situacija konstatovana je i u pogonima fosforne kiseline i veštačkih djubriva hemijske industrije "Zorka" u Šapcu, gde su izmerene maksimalne ekspozicione doze zračenja bile preko tri stotine puta veće od fona, a u prostoru gde ljudi borave više časova, do 10 puta veće.

U pogonu mineralnih djubriva u Novom Sadu, zahvaljujući osobenosti tehnološkog procesa, dozimetrijskim merenjem nisu konstatovane znatnije akumulacije radioaktivne komponente. Maksimalne vrednosti izmerenih doza zračenja nisu premašale trostruki fon.

Potrebno je, medjutim, istaći činjenicu da u vreme dozimetrijskih merenja i uzimanja uzoraka za laboratorijsku analizu, pogoni u Prahovu i Šapcu nisu radili, a u Novom Sadu pogon je radio delimično. Time može da se objasni i činjenica da su merenjem radioaktivnosti aerosola u radnim prostorijama nadjene svega 3-5 puta veće vrednosti od fona. U normalnom radnom režimu, radioaktivnost aerosola svakako bi bila znatno veća.

Pored uzoraka polaznih sirovina, finalnih proizvoda i otpadnih voda, sa mesta gde su dozimetrijskim merenjem konstatovane visoke doze zračenja u pogonima u Šapcu i Prahovu, sakupljeni su i uzorci materijala različitog porekla za obradu i merenje totalne beta radioaktivnosti. Iz pogona u N.Sadu, iako dozimetrijskim merenjima to nije bilo indicirano, sakupljen je izvesan broj uzoraka sa mesta gde bi moglo da se očekuje koncentrisanje aktiviteta, a posebna pažnja obraćena je otpadnim vodama iz ovog pogona.

Od dobijenih rezultata za mnoštvo analiziranih uzoraka, u Tabeli I. uporedo su dati podaci za karakteristične uzorke iz sva tri pogona, a u Tabeli II izneti su podaci za totalnu beta radioaktivnost i druge odredjivane parametre za uzorke vode.

Zaključak

Kako rezultati merenja totalne beta radioaktivnosti uzoraka sakupljenih u sva tri pogona treba da posluže kao osnova za donošenje suda o stepenu kontaminacije radnih sredina i okoline pogona, kako bi, dalje, mogle da budu preduzete mere zaštite na kritičnim mestima, treba naglasiti da bi potpuniju i realniju sliku stanja u pogonima bilo moguće dobiti samo na osnovu analize uzoraka sakupljenih za vreme njihovoga rada. No, situacija je utoliko ozbiljnija, što se odredjeni zaključci nameću i na osnovu već dobijenih rezultata.

- Totalna beta radioaktivnost ulazne sirovine- fosfata iz različitih nalazišta, dva do četiri puta je veća od prosečnog nivoa radioaktivnosti materijala tla, izuzimajući uranonosne rude i minerale bogate kalijumom.

- U početnoj fazi tehnološkog procesa dobijanja H_3PO_4, u pogonima u Prahovu i Šapcu, dolazi do akumulacije radioaktivne komponente u tečnoj fazi pulpe.

- Sudeći po nivou radioaktivnosti uzoraka uzimanih u daljim fazama tehnološkog procesa u ovim pogonima, radioaktivna komponenta je rastvorena u fosfornoj kiselini i stoga se nalazi na svim stupnjevima proizvodnog procesa do finalnog proizvoda- koncentrovane H_3PO_4, čija je radioaktivnost najviša, izuzimajući otpadne materijale, uzorke kamenca nataloženog u cevima i platna filtera sa separatora H_3PO_4, u kojima su radioaktivne materije u još većoj meri kocentrovane.

- Finalni proizvodi-veštačka djubriva iz sva tri pogona, nemaju znatno povišenu radioaktivnost, obzirom da je kalijum kao njihova komponenta zastupljen velikim procentom, te je moglo da se predpostavi da grō aktivnosti potiče od ^{40}K. Preliminarna gama spektrometrijska ispitivanja ovo su i potvrdila.

Kako se fosforna kiselina, nosilac aktivne komponente, koristi kao proizvodna sirovina u svim pogonima kompleksnih djubriva (a njihova aktivnost nije znatno povišena), to je potrebno posebnu pažnju posvetiti otpadnim vodama, kojima se, očigledno, u vodotoke Save, Dunava i kanala Dunav -Tisa-Dunav ispušta, pored ostalih štetnih materija i radioaktivni materijal. Stepen opasnosti usled ovoga, medjutim, ne može da bude dat nakon analiza ovog obima.

Kompetentne preporuke u pogledu zaštite vodā mogu da pro-

isteknu samo iz rezultata rada u okviru interdisciplinirano sagledavanja ovog problema.

Iz izloženog može da se izvede opšti zaključak:

1. da u pogonima u Prahovu i Šapcu postoji kontaminacija radne sredine u znatno većoj meri no u pogonu u Novom Sadu;

2. da, saglasno stepenu kontaminacije, u sva tri pogona treba preduzeti odgovarajuće mere zaštite radne sredine i okoline fabrike, koje bi se sastojale u sledećem:

- Uvesti obavezu nošenja zaštitnih maski za zaposlene u skladištima sirovine, zbog mogućnosti kontaminacije inhalacionim putem, ukoliko se prethodnom medicinskom kontrolom radnika ustanovi potreba za tim, budući da je gama spektrometrijskom analizom utvrdjeno prisustvo ^{226}Ra i njegovih potomaka u uzorcima fosfata.
- tretirati otpadni materijal kao radioaktivni otpad.
- Izmeniti način ispiranja posuda pri remontu.
- Posebnu pažnju obratiti problemu otpadnih voda.
- Sprovesti ličnu dozimetrijsku kontrolu zaposlenih na pojedinim radnim mestima.

Abstract

In this paper are presented the rezults of investigations of total beta radioactivities in three factories of phosphate fertilizers.

Tabela I. - Pregled rezultata analize totalne beta radioaktivnosti uzoraka ulaznih sirovina, finalnih produkata i nekih karakterističnih materijala iz pogona u Prahovu, Šapcu i Novom Sadu.

	Naziv uzorka	Mesto uzimanja uzoraka	A	
			(pCi/gr)	(pCi/l)
ULAZNE SIROVINE	Fosfat (Togo)	Pogon H_3PO_4-Prahovo Pogon " " -Šabac Pogon v.dj.-N.Sad	86 98 53	
	Fosfat (Jordan)	Pogon v.dj.-Šabac	97	
	Fosfat (Maroko)	Pogon v.dj.-Prahovo	86	
	H_3PO_4 28% 34% 30%	Pogon H_3PO_4-Šabac - " - Pogon H_3PO_4-Prahovo i pogon vešt.djubr. u Prahovu i N.Sadu		34.240 40.700 28.900
	KCl	Pogon v.dj.-Šabac (SSSR)	315	
FINALNI PROIZV.	NPK-vešt.dj. TSP- - " - NPK- - " -	Šabac Prahovo N.Sad	161 71 140	
OSTALI UZORCI	Platno filtra na separatoru	Pogon H_3PO_4-Prahovo -Šabac	92.670 500	
	Mulj iz basena sa H_3PO_4(slab.k)	PogonH_3PO_4-Prahovo	16.300	
	Silikofluorovodonična kisel.	Pogon H_3PO_4-Šabac		38.400
	Kamenac iz pumpe sl.kis.	- " -	53.800	
	Bris sa poda	- " -	3.820	
	Filtrat iz pulpe	Pogon H_3PO_4-Šabac		38.600
	Gips iz pulpe	- " -	23	

Tabela II. - Pregled rezultata odredjivanja totalne beta radioaktivnosti i drugih parametara za uzorke voda.

Naziv i mesto uzimanja uzorka	p^H (19°C)	El.prov. x 10^{-4} Ω^{-1} cm^{-1} (19°C)	min.ost. mg/l	A pCi/l
Otpadna voda-Prahovo	nije	odredjivano	719	57
Otpadna voda-Šabac	1,9	27,o	660	600
Voda iz kanala D-T-D uzvodno od izlivne cevi	8,6	7,4o	321	6
Kanal D-T-D kod izlivne cevi iz fabrike N.Sad	9,4	9,87	328	12
Otpadna voda iz kanala kroz pogon v.dj.N.Sad	9,7	15,20	391	25
Otpadna voda iz basena za neutralizaciju N.Sad	7,4	16,45	972	96
Sabirni šaht za sve otpadne vode iz pogona N.Sad	10,0	14,11	358	22

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja-
Arandjelovac,29,3o,31.V. i 1.VI.1979.

K.Južnič in Š.Fedina
Institut"Jozef Stefan",Ljubljana

KONCENTRACIJA IN RADIOKEMIJSKO DOLOČANJE Ce-144

Izvleček

Raziskane so bile ravnotežne porazdelitve Ce(IV) in Ce(III) med vodno raztopino in ionskim izmenjalcem Dowex 5o X8.Ugotovljeno je bilo,da vezivne sposobnosti izmenjalca padajo z naraščanjem kislosti vodnega medija in da porazdelitveni koeficient pada z naraščanjem koncentracije cera v vodni raztopini.Razvita in testirana je bila metoda izolacije cera iz površinskih vod in radiokemijske določitve Ce-144.

Uvod

Ce-144 je eden najpomembnejših cepitvenih produktov U-235. Je β,γ aktiven in ima razpolovno dobo 285 dni.Tudi njegov potomec Pr-144 je β,γ aktiven z razpolovno dobo 17 min.Max. energija beta žarkov Ce-144 je o,18 MeV(3o%) in o,32 MeV (65%),medtem ko sta energiji gama žarkov 0,054 in 0.134 MeV. Maks.energija beta žarkov Pr-144 je 3 MeV in energija gama žarkov o,696 MeV.

Kar zadeva kemijske lastnosti cera ta lahko obstaja v valenčnem stanju 3+ in 4+.Starejše metode separacije in koncentriranja cera bazirajo na oksidaciji cera v oksidacijsko stanje 4+ in naknadnem obarjanju ([1]).Iz slabo kislega medija se pri

kuhanju obarja CeO_2.aq.Možno je oboriti tudi cerov bazični acetat iz solitrno kislega medija v prisotnosti Hg-acetata. Novejše metode ločbe cera so osnovane na ionski izmenjavi in solventni ekstrakciji ([2],[3]).Ce^{4+} se veže na kationski in anionski izmenjalec.Na anionski izmenjalec se veže cer iz močno kislih raztopin,medtem ko se eluira z bolj razredčenimi.Eluiranje iz kationskega izmenjalca poteka z kompleksanti kot so glikolna kislina,mlečna ali amon glikolat ([4]).Kot ekstrakcijska sredstva za Ce^{4+} služijo TBP oziroma HDEHP. Ekstrakcija poteka iz 1 do 1o M HNO_3 z HDEHP in iz 7 do 12 M H_2SO_4 z TBP.Za popolno ekstrakcijo mora biti cer v stanju 4+ kar dosežemo z dodatkom $KBrO_3$.Reekstrakcijo iz organske faze izvedemo z stresanjem te z zmesjo 1o M HNO_3 in 3%H_2O_2. Cilj našega dela je bil določiti nekatere ravnotežne porazdelitve cera med vodno fazo in izmenjalcem,kar je pomembno s stališča koncentriranja cera z ionsko izmenjavo.Zadnje pride v poštev pri dekontaminaciji odpadnih vod jedrskih naprav in pri radiokemijskem določevanju radiocera.

Eksperimentalno delo

Kemikalije,ki smo jih uporabili so bil. analitsko čiste.Za določevanje ravnotežnih porazdelitev cera v sistemih smo uporabili Ce-141,ki je beta,gama aktiven in ima razpolovno dobo 33 dni.Njegovo aktivnost smo merili z enokanalnim gama spektrometrom.Ionski izmenjalec za koncentriranje cera je bil Dowex 5o X8 5o/1oo mesh.Ravnotežne porazdelitve cera so bile napravljene pri 2o°C.

Rezultati in diskusija

Ravnotežne porazdelitve cera med izmenjalcem in vodno fazo so prikazane v tabelah 1 in 2. Izmerjene so bile za različne sisteme pri katerih je varirala koncentracija cera in kisline v vodni fazi. Uravnotežili smo 2,5 g zračno suhega izmenjalca v H^+ obliki in 10 ml raztopine cera. Kot je razvidno iz Tabele 1 v primeru Ce^{4+} z naraščanjem koncentracije cera pada porazdelitveni koeficient D (D predstavlja razmerje med količino cera vezanega na izmenjalec proti količini v raztopini). D pada tudi z naraščanjem koncentracije kisline. Ker se cer veže tudi na anionski izmenjalec in ker v tem primeru D narašča z koncentracijo kisline lahko sklepamo, da v raztopini cera obstoji ravnotežje

$$Ce(OH)_2SO_4 + 2H_2SO_4 = H_2Ce(SO_4)_3 + 2H_2O$$

Hidroliznih specij Ce^{4+} je verjetno več vrst, vendar so gornje najbolj verjetne ker se vgrade tudi v kristalno mrežo cerovega sulfata pri kristalizaciji iz žveplено-kislega medija in so dokazane kristalografsko.

Kot je razvidno iz Tabele 2 tudi pri Ce^{3+} z naraščanjem koncentracije kisline in koncentracije cera pada porazdelitveni koeficijent. Pri določeni koncentraciji kisline se Ce^{3+} bolje veže na izmenjalec kot Ce^{4+}. Iz tega lahko sklepamo, da je stopnja hidrolize nižja kot v primeru Ce^{4+}. Efektivni naboj cerovih specij je v primeru trivalentnega cera višji in iz tega sledi večja afiniteta izmenjalca do cera. Iz diagrama log D proti log Ce^{3+} pa sledi, da je tudi Ce^{3+} delno hidroliziran in da so specije, ki se vežejo na izmenjalec $Ce(OH)^{2+}$.

Tabela 1. Ravnotežne porazdelitve cera(IV) v sistemu: 2,5 g Dowex-5o in 1o ml razt. Ce-sulfata v žvepleni kislini.

zač. koncentracije (mol/l) H_2SO_4	Ce-sulfat	ravnot. konc. (mol/l) Ce-sulfat	log D
o,4	o,o5	$1,o4.1o^{-2}$	o,58
o,4	o,o4	$8,55.1o^{-3}$	o,56
o,4	o,o3	$4,92.1o^{-3}$	o,71
o,2	o,o2	$2,77.1o^{-3}$	o,79
o,4	o,o1	$4,74.1o^{-4}$	1,3o
2	o,o5	$3,37.1o^{-2}$	-o,32
1,6	o,o5	$3,22.1o^{-2}$	-o,26
1,2	o,o5	$2,24.1o^{-2}$	o,o9
o,8	o,o5	$1,4o.1o^{-2}$	o,4o

Tabela 2. Ravnotežne porazdelitve cera(III) v sistemu: 2,5 g Dowex-5o in 1o ml razt. Ce-nitrata v solitrni kislini.

zač. koncentracije (mol/l) HNO_3	Ce-nitrat	ravnot. konc. (mol/l) Ce-nitrat	log D
6	o,127	$8,44.1o^{-2}$	-o,29
5	o,127	$8,27.1o^{-2}$	-o,27
4	o,127	$7,77.1o^{-2}$	-o,19
3	o,127	$6,oo.1o^{-2}$	o,o5
2	o,127	$3,71.1o^{-2}$	o,38
1	o,127	$1,14.1o^{-2}$	1,oo
3	o,14	$6,5o.1o^{-2}$	o,o6
3	o,11	$4,87.1o^{-2}$	o,o9
3	o,o8	$3,3o.1o^{-2}$	o,15
3	o,o5	$1,93.1o^{-2}$	o,19
3	o,o3	$1,11.1o^{-2}$	o,23
3	o,o1	$3,4o.1o^{-3}$	o,28

Postopek izolacije cera in njegove radiokemijske določitve

Vodi v kateri nameravamo določiti Ce-144 dodamo Ce-nosilca (cca 3o mg Ce^{4+}).Po uravnoteženju spustimo vodo skozi ionski izmenjalec Dowex 5o X8.Eluiranje cera izvedemo z NH_4-glikolatom ali citratom pri pH = 5.Eluatu dodamo H_2O_2 in 6 do 8 g NaOH.Raztopino segrevamo in pustimo da cerov hidroksid koagulira in se obori.Oborino odfiltriramo in raztopimo v 1o M HNO_3.Separacijo cera od nečistoč izvedemo z ekstrakcijo.K raztopini dodamo $NaBrO_3$,da se cer oksidira v Ce^{4+}.Ekstrahiramo ga z 1o ml raztopine HDBP v heksanu.Reekstrakcijo v vodno fazo izvedemo z 5 ml zmesi HNO_3 in H_2O_2.Cer nato oborimo z koncentriranim amonijakom,izperemo in ponovno raztopimo v 6 M HNO_3.Končno oborimo cer med segrevanjem kot oksalat. Oborino odfiltriramo jo prenesemo v Pt-lonček in jo prežarimo pri 8oo°C.Dobljeni CeO_2 nanesemo na ploščico in stehtamo da določimo kemijski izkoristek.Dve uri po pripravi lahko pričnemo z merjenjem aktivnosti cera z antikoencidenčnim GM-števcem z nizkim ozadjem.Cerov oksid prekrijemo z 11o mg/cm^2 aluminijevim absorberjem,ki absorbira nizkoenergetske beta žarke in je propusten za beta žarke potomca Ce-144 to je Pr-144.Aktivnost cera v vzorcu izračunamo

$$A\ (\text{Ce-144}) = \frac{4{,}5.10^3}{E} \cdot \frac{1}{V} \cdot \frac{A_s}{Y}$$

kjer je A aktivnost cera v μμCi/l,E-izkoristek števca za Ce-144,Pr-144 štet skozi Al-absorber v %,V volumen vzorca v litrih,A_s aktivnost cera na ploščici brez ozadja v c.p.m in Y kemijski izkoristek za cer v %.Nekateri rezultati so prikazani v Tabeli 3.

Tabela 3.Aktivnosti Ce-144 v nekaterih vzorcih vod

Vzorec iz	Datum	Kemij.izk.	A (μμCi/l)
Nova Gorica	3.,5.,78	29,9%	59,5
Senožeče	3.,5.,78	24,7%	2,1
Sava Krško	22.,4.,78	34,2%	o,1
Spodnja vas	22.,4.,78	25,9%	o,o2
Stud.Stritar	22.,4.,78	25,9%	-

Literatura

1)T.Ishino,J.Shiokawa,C.A.,13151,1961.

2)B.M.Ketelle,MDDC- 1146,1,1947.

3)F.H.Spedding,M.Smutz,ISC - 393,1/11,1953.

4)D.C.Stewart,Proc.Intern.Conf.Peaceful Uses At.Energy, Geneva 1955,7,321.

Abstract

The equilibrium distributions of Ce(IV) and Ce(III) between the aqueous solution and the ion exchanger Dowex 5o X8 have been studied.It has been found that the affinity of the exchanger toward above ions decrease with the acidity of medium,which was explaned with the hydrolysis.A radiochemical method of the Ce-144 concentration and determination in surface waters has been developed and tested.

X. SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29.V. do 1.VI.1979.

R. Mitrović, Slobodanka Stanković, Jevrosima Begović, M. Gačević

Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Beograd - Zemun, Banatska 31 B

KOMPARATIVNA ISPITIVANJA SADRŽAJA ^{90}Sr U PRODUKTIMA VETERINARSKOG NADZORA EKSTRAKCIJOM SA TBF I METODOM TALOŽENJA OKSALATA

U radu su dati uporedni rezultati radiohemijskog odredjivanja ^{90}Sr u uzorcima produkata veterinarskog nadzora primenom metode ekstrakcije stroncijuma-90 sa tributilfosfatom i metode taloženja ovog radionuklida u obliku oksalata. Na bazi postignutih rezultata diskutovane su mogućnosti za primenu obe metode, kao i njihova efikasnost za brzu detekciju radioaktivnog stroncijuma.

Uvod

Radioaktivni stroncijum-90 zbog svojih fizičko-hemijskih a naročito bioloških osobina spada u najvažnije produkte fisije sa najvišom radiotoksičnošću. Izraziti je osteotropni izotop koji prati metabolizam kalcijuma što mu omogućava dugo zadržavanje u organizmu a naročito u kostima. Pored kalcijuma na sadržaj ^{90}Sr u organizmu domaćih životinja utiče i niz drugih faktora kao što su: vrsta i način držanja, ishrana, starost, fiziološko stanje organizma itd.

Iz organizma radioaktivni stroncijum-90 izlučuje se preko fecesa 83 %, a preko mokraće 17 %. Kod životinja u laktaciji (krava, koza, ovca) ovaj radionuklid se u velikom procentu izlučuje preko mleka, a kod kokoši nosilja i preko ljuske jajeta (1, 2). Prema tome, kao najbolji pokazatelj zagadjenja spoljne sredine ovim izotopom mogu da posluže kosti domaćih životinja i ljuska jaja, a u laktaciji mleko.

U ovom radu želeli smo, obzirom na iskustva iz predhodnog rada koji se odnosi na ekstrakcionu metodu sa TBP, da procenimo mogućnosti primene taložne metode kao i efikasnost koja bi uslovila prioritetnu primenu jedne od ovih metoda.

Materijal i metod rada

Sadržaj radioaktivnog stroncijuma-90 odredili smo u kostima dve vrste domaćih životinja: kod svinje (starosti 5 meseci) i to u kostima skapule i diafize femura; kostima krave (starosti 5 godina) i to u vratnim pršljenovima i ljusci kokošjih jaja. Uzorci potiču iz 1978. godine a prikupljeni su metodom slučajnog uzorka na teritoriji Zemuna.

Postupak pripreme uzoraka do radiohemijskog merenja i određivanje sadržaja kalcijuma vršen je metodom koji je ranije opisan (3), a to je razlog što će u ovom radu detaljnije biti opisan postupak taloženja radioaktivnog stroncijuma-90 u obliku oksalata.

Pepeo u količini od 20 g rastvoren je koncentrovanom HCl (4 ml/g pepela), uz dodavanje nosača itrijuma (60 mg Y/ml rastvora nosača). Ovako pripremljen rastvor pepela uparen je na peščanom kupatilu do suva. Ponovljen je postupak rastvaranja sa koncentrovanom HCl a iza toga i postupak uparavanja do suva. Upareni ostatak rastvaran je dodavanjem 200 ml 2N HCl a dobijeni rastvor stavljen na peščanom kupatilu da proključa 0,5 časa. Posle ključanja rastvor je profiltriran a eventualni talog na filter papiru ispran 2N HCl i destilovanom vodom. U dobijeni filtrat dočan je 1 g suve oksalne kiseline i blagim zagrevanjem i mešanjem rastvoreni su oksalati a zatim istaloženi 25 % rastvorom amonijaka pri pH 1,5 - 4,0. Ovako istaloženi oksalati ostavljeni su da odstoje a zatim su izdvojeni filtriranjem pri čemu je talog (istaloženi oksalati) na filter papiru ispran destilovanom vodom, osušen i žaren na 600°C 1 čas. Ižareni talog rastvoren je u vreloj 2N HCl

i ostavljen na peščanom kupatilu da vri 10 minuta da bi se uklonio CO_2. Rastvorom amonijaka (bez prisustva CO_2 u njemu) istaložen je itrijumhidroksid. Vreme odvajanja itrijuma-90 od stroncijuma-90 je zapisano. Filtriranjem odvojen je talog itrijumhidroksida koji je ispran vrelom destilovanom vodom a zatim rastvoren u minimalnoj količini vrele 2N HCl. U ovaj rastvor uneto je po 60 mg nosača lantana i cerijuma koji su zatim istaloženi u vidu sulfata pomoću zasićenog rastvora kalijumsulfata. Rastvor je posle stajanja profiltriran a filtrat u kome se nalazi itrijum-90 razblažen destilovanom vodom, zagrejan i istaložen rastvorom amonijaka (bez prisustva CO_2) u vidu itrijumhidroksida koji je odvojen filtriranjem a zatim rastvoren 2N CHl i dodan 1 g oksalne kiseline. Pri pH 1,5 rastvorom amonijaka istaložen je itrijumoksalat koji je odvojen filtriranjem i žaren na 900°C.

Radioaktivnost taloga odredjena je na mernom uredjaju za niske aktivnosti LOLA-4 a radioaktivnost na stroncijum-90 preračunata je po ranije opisanoj TBF metodi (3).

Rezultati i diskusija

Razmatrajući dobivene rezultate, prikazane u tabeli 1, može se zaključiti da je količina izdvojenog radioaktivnog stroncijuma -90 taložnom metodom nešto manja nego u slučaju primene ekstrakcione metode sa TBF. Izuzetak čini ljuska kokošjih jaja gde je radioaktivni stroncijum-90 izdvojen u nešto većoj količini.

Nadjene koncentracije radioaktivnog stroncijuma-90 u svim analiziranim uzorcima ne prelaze propisane medjunarodne norme o MDK ($4,0 \times 10^{-10}$ C/kg).

Tab. br. 1

Sadržaj ^{90}Sr u kostima govedi, svinja i ljusci kokošjih jaja

Vrsta uzorka	S a d r ž a j S r - 90			
	Ekstrakciona metoda		Taložna metoda	
	^{90}Sr Bq/kg sv.u.	Broj Sr-jed.	^{90}Sr Bq/kg sv.u.	Broj Sr-jed.
Ljuska jajeta kokoši	1,29	0,100	1,56	0,120
Diafiza femura svinje	5,49	0,985	1,23	0,222
Vratni pršljenovi krave	2,40	1,278	0,49	0,264
Kosti plećke svinje	0,33	0,103	0,27	0,092

Postoji mogućnost zaostajanja produkata fisije u rastvoru itrijuma i njihovog taloženja na površini itrijumoksalata. Zato je neophodno merenje aktivnosti izdvojenog taloga tokom četiri uzastopna dana, kako bi na osnovu vremena poluraspada zaključili da li je izdvojen traženi radionuklid. Teoretska vrednost za vreme poluraspada ^{90}Y je 64 časa što odgovara dobijenim vrednostima u ovom radu.

Za razliku od ekstrakcione metode sa TBF koja je jednostavna, brza i ima mali gubitak nosača, taložna metoda je sporija i što je najvažnije ima veći gubitak taloga u toku izvodjenja a to je od velikog uticaja na krajnji rezultat. Prema tome, u stalnoj i sistematskoj kontroli svih uzoraka stočne hrane i produkata animalnog porekla na prisustvo ^{90}Sr treba koristiti ekstrakcionu metodu sa TBF

zbog njene velike efikasnosti

Osim navedenih faktora vezanih za metode, objašnjenje za razliku aktivnosti ispitivanih uzoraka treba tražiti u vrsti životinje od koje uzorak potiče, načinu držanja i ishrane, starosti, fiziološkog stanja i niza drugih uticajnih činilaca o kojima je ranije bilo reči.

ZAKLJUČAK

Na osnovu postignutih rezultata mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. U svim ispitivanim uzorcima utvrdjeno je prisustvo radioaktivnog stroncijuma-90.

2. Koncentracija radioaktivnog stroncijuma-90 varira u zavisnosti od vrste uzorka, pri čemu ustanovljeni nivo radioaktivnosti ne prelazi MDK.

3. Radiohemijska - ekstrakciona metoda sa TBF je pogodnija i pouzdanija metoda od taložne metode sa oksalnom kiselinom zbog manjeg gubitka radioaktivnog stroncijuma - 90 pri izvodjenju analize.

4. Radioaktivni stroncijum-90 prisutan je u životnoj sredini pa je zato neophodna njena stalna i sistematska kontrola.

COMPARATIVE INVESTIGATIONS OF ^{90}Sr CONTENT IN THE PRODUCTS UNDER VETARINARY CONTROL BY EXTRACTION WITH TBF AND BY THE METHOD OF OXALATE PRECIPITATION

Summary

In this work are presented the results of the comparative radiochemical determination of ^{90}Sr in the samples of products under veterinary control by the application of ^{90}Sr extraction method with tributylphosphate, and the method of oxalate precipitation. On the basis of the obtained results the possibilities for the application of both methods are discussed, as well as their efficiency for fast detection of radioactive strontium.

Literatura

1. Jogint N.S.: Nakoplenie i raspredelenie stroncija-90 v kostnom skelete ptic i vivedenie ego so skorlupov, kandidatska disertacija, Leningrad, (1967). -2. Simon S.: Atlas médikal des radionucléides utilisés en médicine, biologie, industrie et agriculture, Euroatom, (1971). - 3. M. Gačević, i sar.: Odredjivanje ^{90}Sr u jajima i kostima domaćih životinja, IV Savetovanje o dijagnostici, profilaksi i terapiji u savremenoj stočarskoj proizvodnji, Primošten, (1978). -4. Rahimov Z.R.: Globalnie stroncij-90 i cezij-137 v organah i tkanjah dikih kabanov i domašni svinej, kandidatska disertacija, Leningrad, (1972). - 5. Zeinolov I.A.: Raspredelenie globalnogo stroncija-90 v kostnom skelete i nekotorih drugih organov krupnogo, rogatogo skota, kandidatska disertacija, Leningrad, (1978). -6. Brnović R.: Stroncijum-90 u životnoj sredini čoveka, magistarski rad, Zagreb, (1973).

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Arandjelovac, 29, 30, 31 i 1.VI.1979.

J. B. Vuković
Institut za Biofiziku, Medicinski fakultet, Beograd

KALEMLJENJE POLIMERA NITROCELULOZE I FLUORESCENTNA ANALIZA U ALFA RADIOAUTOGRAFIJI

Na modelnom alfa radigrafskom preparatu ozračena je nitroceluloza CA 80-15 (Kodak) u cilju da se radiaciona oštećenja u obliku alfa tragova vizualiziraju. Upotrebljen je nedavno predložen metod za fragmente tkzv. kalemljenje polimera i vezivanja na stvoreni kopolimer fluorescentne substance. Fluorescencije alfa tragova su evidentne sa UV ekcitacijom (HBO200 lampom Hg i filtrom UG-1) i može poslužiti u alfa radioautohistografiji.

Uvod

Čvrsti detektori nuklearnih tragova registruju individualne putanje naelektrisanih čestica (protona, alfa, jona i fragmenata). Nastala radiaciona oštećenja u kristalima, staklima i plastičnim (polimernim) materijalima mogu se direktno posmatrati zahvaljujući nastalom difrakcionom kontrastu pomoću transmisionog elektronskog mikroskopa. No ovde su prilične teškoće zbog zahteva vrlo tankog preparata i mogućnosti registracije samo teških jona.

Fleischer, Price i Walker (1) su 1965. g. izvršili selektivno nagrizanje nastalih radiacionih oštećenja. Na ulazu čestice u detektor počinje intezivnije rastvaranje površine detektora. Formira se udubljenje-jamica a ako se nagrizanje produžava stvara se kanalić duž bivše putanje čestice i koga definišemo kao trag čestice. U radu (2) na IX simpozijumu JDZZ izneli prikazali smo jednu varijantu pomoću ovih detektora (nitroceluloz) alfa radioautohistografiju rezova bubrega i pluća. U našem radu (3) data je detaljnije ova metodika sa širom literaturom.

Nedavno je pokazana mogućnost vizualizacije tragova fragmenata fisije u acetatceluloznom filmu ne pomoću hemiskog ili elektrohemiskog nagrizanja već procedurom kalemljenja polimera (4) Osnovna ideja je u stvaranju nakalemljenog kopolimera na hemiskim aktivnim centrima. Jasno je da duž prolaska naelektrisane česti-

ce dobijamo veću slobodnu energiju nego u neoštećenoj okolini i reakcija kalemljena jednog monomera kiselih osobina odigrava se na prekinutim molekulima polimera (nitroceluloze). Na tako nastalom kopolimeru duž radiacionog oštećenja može se vezati fluorescentna substanca te UV ekcitacijom kod fluorescentne mikroskopije posmatrati alfa tragovi. Izgleda da se može očekivati povećanje osetljivosti detektora u poredjenju sa hemiskim nagrizanjem kao i eventualna mogućnost iniciranja kalemljenja sa visoko energetskim elektronima.

Eksperimentalni rad

U ovom radu upotrebiki smo modelni autoradiografski izvor. Cilj nam je da docnije primenimo kalemljenje polimera za upotrebu u detekciji ^{210}Po u organi ma kontaminiranih ekserimentalnih životinja.

Na film nitroceluloze CA 80-15 Kodak (debljine 100 μm) postavljena je fina bakarna mrežica sa širinom prečagica od 20 μm. Površin ski izvor alfa zračenja iz ^{241}Am doveden je u intimni kontakt sa mrežicom. Tako je ozračena površina nitroceluloze na slobodnim kvadratnim površinama-okcima dimenzija 60x60 μm^2.

Po ozračenju radi odmašćenja površine nitroceluloze i početnog agresivnog nagrizanja tragova, film je nekoliko minuta stavljen u 10% NaOH na 60°C. Po ispiranju u tekućoj vodi kalemljenje radiacionih oštećenja vršeno je u 20% vodenom rastvoru akrilne kiseline (CH_2=CH=COOH), koja je neposredno pre upotrebe destilovana u vakumu radi otstranjenja stabilizatoraa Procedura kalemljenja traje oko 2o ^{h} na 55°C a zatim oko 4-6 ^{h} na 70°C. Tako se u zadnjih 1-2^h primećuje početak polimerizacije celog rastvora. Takodje nesta je originalna boja nitroceluloze. Otklanjanje akrilne kiseline se daljim postupkom ispiranja u vodi izvodi 2^h na 55°C uz mešanje. Dalji postupak je bojenje nastalog kopolimera duž putanje čestice. Upotrebljen je 3% vodeni rastvor rodamina B u toku 2^h na 100°C. Rodamin B ekcitira se sa 360 nm a vodeni rastvor i sa belom (plavom)svetlošću i intezivno fluorescira na 554 nm. Krajnje ispiranje radi otklanjanja nevezane boje vršeno je u tekućoj vodi uz eventualno dodavanje slabo kiselog rastvora sapuna (pH=5,5-6).

Posmatranje kopolimerrnih fluorescentnih alfa tragova vršeno je na ORTOLUX-u (E. Leitz) mikroskopu sa Hg lampom visokog pritiska HBO 200 (Osram), ultraljubičastim filtrom UG 1 i suvim kondezorom tamnog polja aperture DO,8.

Rezultati i diskusija

Na slici 1 vide se na fonu tamnog polja svetli tragovi fluorescencije vezanog rodamina B na kopolimeru. Na kontrolnom filmu koji je samo početno nagrizan u hidroksidu nema nikakvih indicija nagrizanja posmatrano optičkim mikroskopom. Sam film, koji posle kalemljenja gubi svoju fabričku boju posle bojenja rodaminom dobija boju rastvora a koja se znatno smanji posle ispiranja. Posle dužeg UV ozračenja pod mikroskopom boja skoro nestane dok fluorescencija boje vezane za kopolimer tj. trag se ne smanjuje.

Sl. 1. Fluorescentni alfa tragovi

U radu (4) su kalemljenje i fluorescentne tragove fisionih fragmenata autori dobili u filmu acetatneceluloze. Nije bilo nelogično upotrebiti nitrocelulozu koja je znatno osetljiviji čvrsti detektor za registraciju alfa zračenja što smo i pokazali.

Eksperiment je načinjen da bi se upotrebio za alfa radioautografiju histoloških rezova radi izbegavanja hemiskog nagrizanja jako agresivnog hidroksida i pogodnije analize kompleksa rez i nitrocelulozni film-detektor.

Summary

THE GRAFTING OF THE CELLULOSE NITRATE FILM AND FLUORESCENT ANALYZING IN ALPHA RADIOAUTOGRAPHY

For visualisation of alpha particles radiation damage in cellulose nitrate film CA 80-15 (Kodak) the grafting method of polymer was used. After iradiation (^{241}Am) and grafting by acrylic acid and staining by rodamin B there are evidance of fluorescent tracks (Fig. 1) with exitation of UV (360 nm) in microscope (HBO 200 mercury lamp and UG 1 filter). The grafting method accordin Monnin may be sucseful in radioautohistography.

Literatura

1. R. L. Fleischer, P. B. Price and R. M. Walker (1965), Science, 149, 383-393.

2. J. Vuković, J. Simonović i R. Antanasijević (1977) Zbornik radova IX simpozijuma JDZZ, 527-532.

3. J. Vuković, J. Simonović i R. Antanasijević (1978), Medicinska istraživanja, Vol. 11 supl. 1, 71-75.

4. M. Monnin and G. Blanford /1973/, Science 181, 743-744.

X Simpozijum Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja
Arandjelovac, 29.V do 1.VI 1979.

V. Lukatela i S. Lulić
Centar za istraživanje mora, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

PRIPREMA IZVORA ZA SPEKTROMETRIJSKO ODREDJIVANJE ALFA RADIONUKLIDA U UZORCIMA IZ OKOLICE

Opisana je primjena i rezultati metode pripreme izvora za alfa spektrometriju elektrodepozicijom. Alfa radionuklidi elektrolitički se nanose na pločicu od nehrdjajućeg čelika iz kloridnooksalnog medija s dodatkom DTPA u cilju povećanja kemijskog iskorištenja. Metoda je odabrana kao najpogodnija za spektrometrijsko odredjivanje alfa radionuklida u uzorcima iz okolice.

Uvod

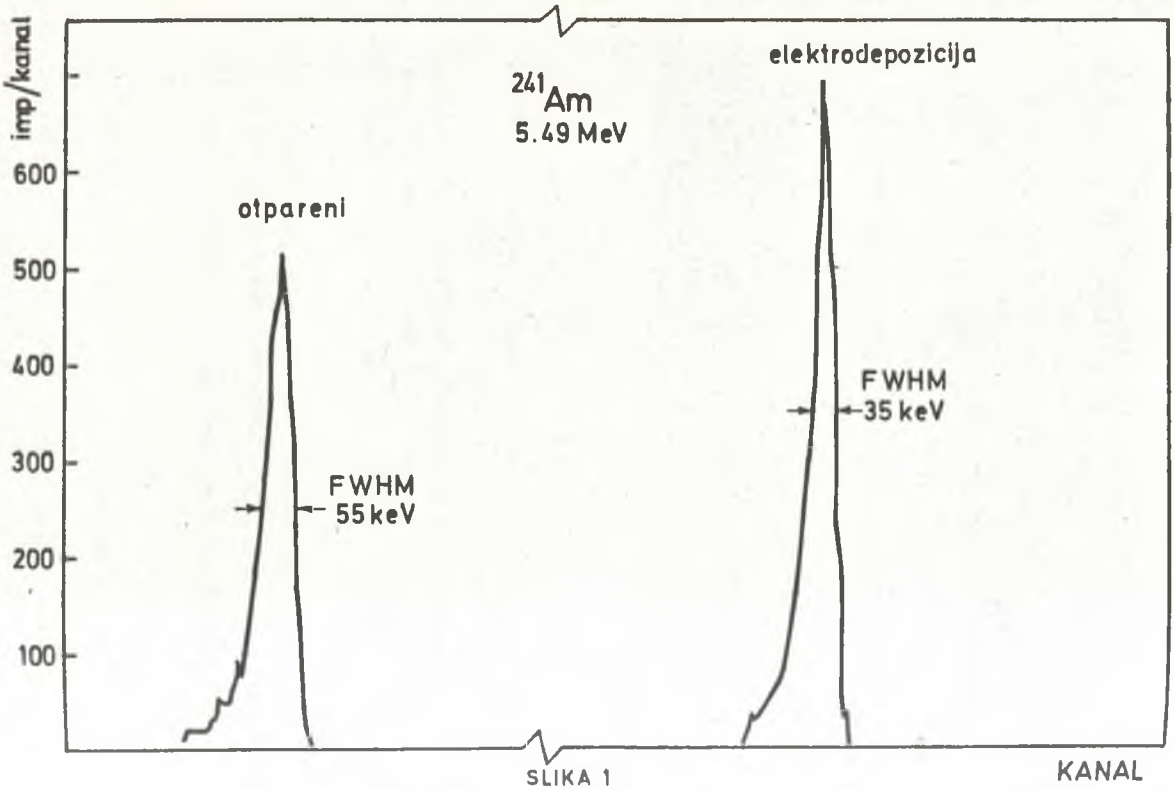
Alfa emitirajuće nuklide koji se u uzorcima iz okolice pojavljuju u tragovima moguće je odrediti alfa spektrometrijom kojoj prethodi kemijska ekstrakcija i priprema izvora za brojenje. Cilj je tih postupaka dobivanje jednoličnog tankog sloja koji ne prelazi 100 $\mu g cm^{-2}$, nanesenog na visoko poliranu površinu. Obzirom na primjenu u radioekologiji, metoda treba da omogući obradu većeg broja uzoraka u kratkom vremenu i ne smije biti preskupa.

Ovim zahtjevima najbolje je odgovarala metoda 50-minutne elektrodepozicije na katodu od nehrdjajućeg čelika iz miješanog kloridno-oksalnog medija.

Metoda je ispitana laboratorijski pripremljenim uzorcima ^{241}Am, ^{238}U i ^{232}Th.

Uredjaj za elektrodepoziciju

Izradjena je cilindrična teflonska komora volumena 30 ml koja se ugradjuje u metalno kućište hladjeno vodom. Katoda je pločica od nehrdjajućeg čelika promjera



SLIKA 1

Spektri uzoraka ^{241}Am dobivenih otparavanjem i elektrodepozicijom

25 mm polirana na visoki sjaj. Elektrodepoziciji je izložena površina od 314 mm^2. Anoda je perforiran platinski disk promjera 12 mm, debljine 0,5 mm učvršćen na platinsku osovinu promjera 1,5 mm dugu 130 mm. Za vrijeme elektrolize anoda rotira sa 100 okretaja u minuti. Najpogodniji razmak elektroda je 4 mm.

Postupak

Elektrodepozicija traje 50 minuta uz gustoću struje od 0,75 Acm^{-2} iz 0,9 M otopine amonijevog klorida i 0,4 M oksalne kiseline uz dodatak 0,1 milimola DTPA (diethylaminetriaminepentaacetate). Minutu prije kraja elektrodepozicije doda se 2 ml koncentriranog amonijevog hidroksida a elektroliza se prekine podizanjem anode. Elektrolit se izlije a komora se ispere tri puta 1% amonijevim nitratom-1:99 amonijevim hidroksidom. Pločica se izvadi iz čelije i ispere etilnim alkoholom zaluženim do pH 8 amonijevim hidroksidom, a zatim ugrije do 250°C da se eliminira eventualno prisutan ^{210}Po i tako spriječi kontaminacija detektora.

Rezultati

Primjena metode za elektrodepoziciju ^{241}Am, ^{238}U i ^{232}Th pokazala je za sve nuklide vrlo dobro korištenje (98%) a dobiveni izvori zadovoljavali su postignutim razlučivanjem (FWHM 35 keV). Priložena slika pokazuje usporedbu spektra uzorka ^{241}Am dobivenih otparavanjem i elektrodepozicijom. Vidljivo je poboljšanje razlučiavanja u spektru elektrodepozicijom uzorka. Spektri energija alfa radionuklida dobiveni su surface barrier detektorom površine 100 mm^2 i 1024-kanalnim analizatorom.

Summary

Application and results of a common electrodeposition method for preparing alpha spectrometry samples are described. Alpha emitting nuclides are deposited on stainless steel disks from mixed chloride-oxalate medium with addition of chelating agent to improve chemical yield. This method has been chosen as the most suitable for environmental alpha spectrometric determinations.

Literatura

1. Talvitie, N.A., Anal. Chem. 44 (1972) 280.

2. Puphal, K.W., Olsen, D.R., Anal. Chem. 44 (1972) 284.

3. Van der Eijk, W., Oldenhof, W., Zehner, W., Nucl. Instr. Meth. 112 (1973) 343.

X. Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Aranđelovac, 1979

D.Brajnik, M.Mihailović, U.Miklavžič, Z.Mozetič, D.Zavrtanik, Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani

VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROSKOPIJA GAMA PRI MERITVAH NIZKIH AKTIVNOSTI V OKOLJU

POVZETEK. Uvajanje jedrske energetike v Jugoslaviji zahteva rutinsko uvedbo metod za identifikacijo radionuklidov v okolju. Ge-Li detektorji z velikim občutljivim volumnom (preko 100 cm^3) so uporabni tudi za določitev in identifikacijo tako nizkih aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov v okolju, kot nastopajo pred začetkom obratovanja jedrskih objektov. Opisan je visokoločljivostni detektorski sistem s polvodniškim detektorjem in nizkoaktivnim ščitom, ter podani nekateri primeri meritve nizkih aktivnosti v okolju.

1. UVOD. Polvodniški germanijevi detektorji se na Odseku za fiziko jedra IJS uporabljajo že vrsto let pri raziskavah v jedrski fiziki(1). Na področju ekologije so se v svetu uveljavili, predvsem ko je narasla potreba po hitrih metodah za detekcijo in identifikacijo radioaktivnega onesnaženja(2).

Njihov prodor na področje meritev nizkih aktivnosti v okolju je doslej oviral nizek izkoristek v primerjavi s kristalom NaJ. Sedanja tehnologija na tem področju je v precejšnji meri odpravila to pomanjkljivost.

Koaksialni Ge-Li detektor, ki ga v te namene uporabljamo na Odseku za fiziko jedra IJS (firma Princeton Gammatec) ima n.pr. občutljiv volumen 116 cm^3 in izkoristek ^{60}Co 23 % v primerjavi z NaJ dimenzije 3" x 3". Bistven za uporabo pri meritvah nizkih aktivnosti pa je ugodno razmerje med višino vrha totalne absorpcije in Comptonskim robom, ki znaša 49 : 1 pri širini črte 2 keV na polovični višini.

2. ZAŠČITA DETEKTORJA. Preizkusili smo več tipov zaščite in sicer: a) obstoječo zaščito iz starega svinca, oblike votlega valja in debeline 15-20 cm. Notranja premera sta bila 10 cm oziroma 18 cm. Stene smo obložili s kadmijevo in bakreno pločevino, da bi absorbirali fluorescentne rentgenske žarke; b) posebej zgrajen ščit cilindrične oblike, vlit iz starega železa, debeline 18 cm z možnostjo hitrega menjavanja vzorcev. Tipično zvezno in črtasto ozadje je prikazano v tabelah 1 in 2. Železni ščit ima višje zvezno ozadje kot detektor z volumnom 90 cm^3, opisan v ref.(3), zato pa je pogostost črt ^{40}K, torijevih in uranovih potomcev nižja.

TABELA 1

Zvezno ozadje pri različnih vrstah zaščite
(sunki/keV.uro)

Detektor	IJS 116 cm^3			ORTEC 90cm^3
Tip zaščite	a)+	b)+	c)+	d)+
E_γ (keV)				
186	30	12	10	3,8
609	2,3	2,4	2	1,1
1200	0,5	0,5	0,4	0,36
1765	0,2	0,3	0,3	0,18

TABELA 2

Pogostost črt v ozadju
(sunki v vrhu/uro)

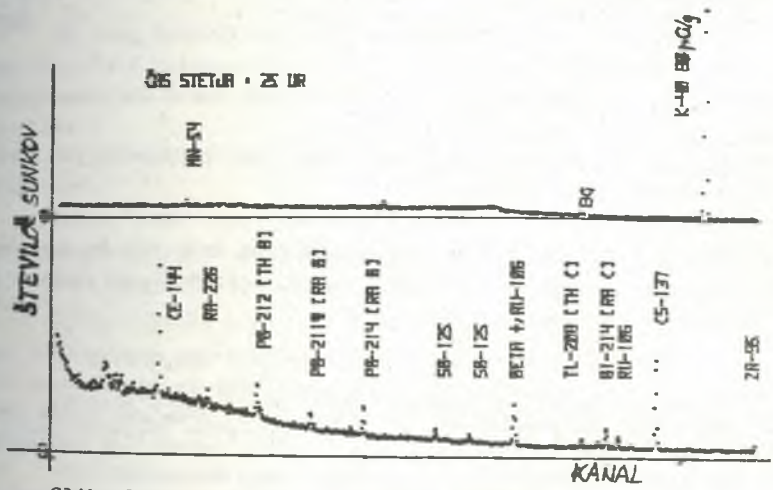
Detektor		IJS 116 cm^3			ORTEC 90cm^3
Tip zaščite		a)+	b)+	c)+	d)+
Nuklid	E_γ(keV)				
Ra	186	12	14	10	13
ThB	238	30	39	28	55
RaB	352	9	9	5	12
β^+	511	39	46	40	65
ThC	583	9	10	9	21
RaC	609	8	9	7	9
K-40	1461	12	16	3	5,5

+a) Pb, notranji premer 10cm, debelina 16 cm, Cd in Cu pločevina
b) Pb, notranji premer 18cm, debelina 12 cm, Cd in Cu pločevina
c) Fe, notranji premer 38cm, debelina 15 cm
d) Pb, debelina 10 cm

3. SPODNJA MEJA DETEKCIJE IN NEKATERI TIPIČNI REZULTATI.

Na področju spremljanja radioaktivnosti v okolju so doslej z opisanim detektorjem ugotavljali predvsem sedanjo (predobratovalno) specifično aktivnost vzorcev iz okolice Krškega. Spektre smo večinoma akumulirali na računalniškem sistemu CDC 1700, ki preko doma narejenega vmesnika[4] po sistemu CAMAC lahko sprejema hkrati signale z več 4096-kanalnih analizatorjev.

Spodnje energijsko območje (prvih 2000 kanalov) spektra trave z območja Krškega je prikazan na sliki 1. Večina identificiranih črt v spektru so fisijski produkti, ki izvirajo od kitajske eksplozije spomladi 1978. Specifične aktivnosti nekaterih radionuklidov na gram suhe teže so razvidne iz tabele 3.



Slika 1: Spekter trave v bližini Krškega

TABELA 3

Specifična aktivnost sevalcev gama v travi (pCi/g suhe t.)

Radionuklid	^{57}Co	^{144}Ce	^{137}Cs	^{125}Sb	^{106}Ru	^{40}K
Spec.aktivn. (pCi/g)	0,002 ±0,0004	5,3 ±0,2	1,1 ±0,1	0,4 ±0,1	1,6 ±0,2	870 ±15

Na območju Krškega smo poleg tega preiskovali glede na vsebnost posameznih izotopov vzorce iz Save, podtalnico, vodo iz vodnjakov in vrtin, sedimente, vodno floro in favno, vzorce dežja in

travo ter druge poljske pridelke.

Posebno pozornost smo posvetili nizkoaktivnim vzorcem voda. Spodnja meja občutljivosti (s 50% napako) znaša namreč pri dvodnevni meritvi za večino sevalcev gama med 0,2 in 0,5 pCi v koncentriranem vzorcu.

Tako je bilo n.pr. možnn v Savi detektirati sedanjo koncentracijo ^{137}Cs in ^{57}Co in zasledovati povečevanje koncentracije tekom 2. in 3.kvartala 1978.Tedaj je specifična aktivnost ^{137}Cs v Savi narasla od 0,02 pCi/l ($\pm$0,008 pCi/l) na 0,07$\pm$0,01 pCi/l, proti koncu leta pa spet padla na 0,015$\pm$0,008 pCi/l.

Z visokoločljivostno spektroskopijo gama je možno detaljno spremljati koncentracije v okolju,še predno bi prišlo do znatnega povišanja.

REFERENCE :

(1) D.Brajnik,D.Jamnik,G.Kernel,U.Miklavžič and J.Šnajder, Nucl.Instrum.Meth.,103,(1972),189-196

(2) Proceedings of the IAEA Symposium on Fast Methods in Determina- of Radionuclides,IAEA,Vienna 1974

(3) J.B.Gilroy,J.Keyser,NBS 76 (1976) 201

(4) M.Tiringer,J.Boehm,J,Šnajder,Proc.of the 4th Meeting of the Yougoslav Nuclear Physicists,Čortanovci 1974,publ. in Fizika,7 (1975) Suppl.1,81

ABSTRACT. Use of a large-volume-detector system (116 ccm Ge(Li)) in the determination of low activity in environment is described.By concentrating samples of water from the river Sava near the future nuclear power plant Krško present low concentrations of ^{137}Cs (typically 0,02 pCi/l) were detected.

X. Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
29.05 do 1.06 1979. g. Aranđelovac

BRZA SPEKTROMETRIJSKA IDENTIFIKACIJA RADIOAKTIVNIH KONTAMINANATA AEROSOLA

Radovanović R., Hajduković D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu"Dr.Dragomir Karajović" u Beogradu

Rezime:

U ovom radu dati su rezultati brze gamaspektrometrijske metode za identifikaciju radioaktivno kontaminiranih aerosola, zasnovane na uporedjivanju instrumentalnog broja registrovanih impulsa u različitim energetskim intervalima.

Uvod

Za brzu identifikaciju radioaktivnih gama kontaminanata, sem klasičnih gamaspektrometrijskih rešenja, može se koristiti instrumentalni odnos broja registrovanih impulsa u energetskim opsezima :

K_1(300-400 KeV),K_2(600-700 KeV),K_3(800-900 KeV) i K_4(1400 -1500 KeV.

Odnos broja registrovanih impulsa u navedenim energetskim opsezima za prirodni gama fon na visini 1 m iznad tla u prosaku za teritoriju SR Srbije bio je tokom 1977.godine:

$K_4/K_1 = 0,312$; $K_3/K_1 = 0,381$; $K_2/K_1 = 0,625$

$K_4/K_2 = 0,498$; $K_4/K_3 = 0,818$; $K_2/K_3 = 1,642$

Promena ovih odnosa može se ustanoviti veoma brzo a time i identifikovati prisustvo fisionih produkata i njihova vreta.

Gamaspektrometrijska merenja vršena su analizatorom firme Intertechnique ,tip SA 40, sa gama sondom sa kristalom NaJ (Tl) prečnika 4,3 cm i debljine 5 cm .Etalonizacija 100 kanala je u opsegu od 150 do 2300 KeV. Vršena su merenja filtara nakon kontinualnog uzimanja uzoraka vazduha ,35 do 55 m^3 , u trajanju od 24 časa .

Rezultati merenja

Na tabeli 1 dati su podaci o izračunatim odnosima broja registrovanih impulsa u energetskim opsezima K_1 , K_2 , K_3 i K_4 za aerosole iz Beograda bez merljivog prisustva gama fisionih produkata.

TAB. 1 Odnosi broja registrovanih impulsa u energetskim opsezima

	K_4/K_1	K_3/K_1	K_2/K_1	K_4/K_2	K_4/K_3	K_2/K_3
1	0,114	0,251	0.394	0,291	0,457	1,572
2	0,089	0,206	0,319	0,279	0,431	1,545
3	0,125	0,270	0,390	0,315	0,465	1,475
4	0,110	0,240	0,380	0,300	0,480	1,580
5	0,100	0,260	0,400	0,260	0,390	1,510
6	0,090	0,240	0,410	0,220	0,370	1,670
7	0,090	0,270	0,410	0,221	0,333	1,504
8	0,083	0,230	0,390	0,211	0,359	1,700
9	0,065	0,263	0,370	0,178	0,251	1,406
10	0,103	0,253	0,408	0,253	0,407	1,609
11	0,098	0,255	0,375	0,262	0,384	1,468
12	0,118	0,305	0,535	0,221	0,388	1,753
13	0,085	0,249	0,489	0,174	0,342	1,963
14	0,099	0,264	0,484	0,204	0,375	1,833
15	0,104	0,260	0,476	0,219	0,402	1,832
16	0,102	0,257	0,479	0,213	0,395	1,863
17	0,092	0,265	0,498	0,184	0,346	1,875
18	0,101	0,248	0,477	0,212	0,408	1,924
19	0,131	0,264	0,460	0,284	0,495	1,740
20	0,111	0,208	0,471	0,235	0,473	2,010
21	0,124	0,259	0,424	0,293	0,479	1,632
22	0,113	0,255	0,480	0,235	0,442	1,882
23	0,097	0,244	0,453	0,214	0,397	1,852
24	0,120	0,237	0,502	0,239	0,506	2,114
25	0,119	0,264	0,458	0,260	0,451	1,734
26	0,121	0,276	0,556	0,219	0,441	2,015
27	0,121	0,237	0,406	0,298	0,511	1,714
28	0,108	0,243	0,418	0,259	0,445	1,716
29	0,107	0,243	0,712	0,151	0,441	2,923
30	0,127	0,260	0,412	0,305	0,487	1,595
31	0,099	0,262	0,380	0,261	0,379	1,449
Vazduh $\bar{k} \pm \sigma$	$0,105 \pm 0,015$	$0,262 \pm 0,018$	$0,445 \pm 0,072$	$0,240 \pm 0,042$	$0,417 \pm 0,059$	$1,756 \pm 0,285$
Prirod. gama fn	0,312	0,381	0,625	0,498	0,818	1,642

Diskusija rezultata merenja

Ustanovljeni odnosi broja registrovanih impulsa u navedenim energetskim opsezima za aerosole koji nose prirodne gama emitere mogu se uzeti kao kriterijumi za brzu ocenu naknadne radioaktivne kontaminacije vazduha ,na isti način kako se to može urediti kontrolom prirodnog gama fona terestrijalnog porekla.Dnevne promene ovih odnosa u prirodnim uslovima rezultiraju zbog promena prirodne koncentracije radionuklida u vazduhu izazvane pre svega meteorološkim uslovima.

Summary : FAST SPECTROMETRIC IDENTIFICATION OF AEROSOL RADIOACTIVE CONTAMINANTS . This paper deals with results of fast gammaspectrometric method for identification of radioactive contaminated aerosols,based on comparison of instrumental number of recorded impulses in different energetic intervals.

X simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja - Aranđelovac, 29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

Radoslav Despotović

Institut "Ruđer Bošković", 41001 Zagreb, P.p. 1016

ORGANIZACIJA SUSTAVA KOLEKTIRANJA I DEPONIRANJA RADIOAKTIVNOG OTPADA

Proizvodnja i korištenje energije iz nuklearnih izvora predstavlja složenu tehnologiju sastavljenu od niza zatvorenih i posebnih tehnoloških cjelina. Svakom od tih posebnih zatvorenih tehnoloških ciklusa pripada i dio vezan uz produkciju radioaktivnog otpada. Na osnovi situacije u svijetu nuklearne tehnologije proizlazi, da korisnici nuklearnih procesa u energetskim reaktorima moraju specifičnim pristupima rješavati tehnološke probleme kolektiranja i deponiranja cjelokupnog radioaktivnog otpada, a ne samo problem radioaktivnog otpada iz nuklearne elektrane. Iznošenje određenog pristupa organizacije sustava kolektiranja i deponiranja radioaktivnog otpada u Jugoslaviji predmet je razmatranja ovog priloga.

UVOD - Ekspanzija tehnoloških sistema kao elemenat boljeg standarda sve više aktualizira problem nestajanja klasičnih sirovina. Razvoju standarda odgovara razvoj potrošnje energije, a sirovine za proizvodnju energije vrlo brzo nestaju iz prirodnih rezervoara. Uvođenje novih tehnologija, prvenstveno nuklearno energetskih reaktora pojavljuje se kao conditio sine qua non. Nuklearno energetski reaktori, kao i svi sistemi za proizvodnju energije "proizvode" određenu vrstu i količinu otpada. Otpad, koji nastaje u toku rada energetskog reaktora u osnovi se može podjeliti u dvije grupe: otpad

radioaktivnog skladišta u Jugoslaviji, odgovara nivou skladišta u našim nuklearnim institutima. U izgradnji je poseban tip skladišta potreban za normalan pogon naše prve nuklearne elektrane. Evidentno je da se moramo vrlo brzo i sa svim raspoloživim snagama uključiti u izgradnju najkompleksnijeg dijela: centralnog sabirališta sa obradom i krajnjeg depoa za odlaganje radioaktivnog otpada. Važno je imati na umu, da bez obzira na to, koje ćemo sve elemente u sistemu nuklearnog gorivog ciklusa usvojiti kao naš program, da treba za generaciju nuklearnih elektrana osigurati poseban centralni sabirni depo, u kojem će se odlagati istrošeno nuklearno gorivo. Izgradnja takovog objekta slijedi nakon niza dugogodišnjih predradnji, u pravilu ide uz projekciju sistema za preradu istrošenog goriva, što sistem čini kompleksnijim, ali i tehnološki svrsishodnijim. Nema sumnje, nalazimo se pred vrlo urgentnim zadatkom, koji možda i prelazi naše kadrovske mogućnosti, pa zato ovaj kratki prilog neka bude poziv svima zainteresiranim, da se nademo na zajedničkom, vrlo odgovornom i dugoročnom zadatku. Svaki pokušaj, da se problem konačnog odlaganja radioaktivnog otpada rješava parcijalno treba prihvatiti, samo ako je to dio cjelovitog jedinstvenog jugoslavenskog programa, a u koliko se pojavljuje kao pokušaj gašenja vatre, treba ga odbaciti. Ne smijemo dozvoliti, da . diljem Jugoslavije, uz šume dimnjaka koji nemilice truju čovjeka, posadimo i vrtove radioaktivnog otpada kao dokaze nemoći da zajednički i s razumom osiguramo nama i generacijama koje slijede, tehnološki racionalnu, radiološki sigurnu, jednostavnu i neopasnu tehnologiju kolektiranja i deponiranja radioaktivnog otpada iz cijelog nuklearnog gorivog ciklusa.

SUMMARY - The contribution deals with both organizational and technological problems of conditioning and the deposition of radioactive waste, with accent on radioactive waste obtained during the nuclear fuel cycle . The contribution discusses a problem of radioactive waste produced by the present technological processes for the production of electrical energy in the frame of a complex nuclear fuel cycle.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVANSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29,30, 31.V.i 1.VII.1979

M. Pirš in M. Toplišek

Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Inatitut "Jožef Stefan"

ODLAGANJE RADIOAKTIVNIH ODPADKOV

Podani so načini deponiranja visokoaktivnih odpadkov. Opisana je metoda shranjevanja izrabljenega reaktorskega goriva ter načini začasnega in trajnega odlaganja visokoaktivnih odpadkov iz predelave reaktorskega goriva.

Polemika, ki se je v zadnjih letih razvila glede uporabe jedrske energije za proizvodnjo električne energije, bazira na dveh glavnih problemih: varnost nuklearnih elektrarn in možnost varnega shranjevanja radioaktivnih odpadkov, predvsem dolgoživih izotopov. Dočim je problem varnosti nuklearnih elektrarn zadovoljivo rešen, pa za varno shranjevanje visokoaktivnih dolgoživih odpadkov obstojajo številne rešitve in tehnologije, ki pa popolne varnosti za geološko časovno obdobje ne morejo dokazati. Tako je trenutno zadnja faza gorivnega siklusa - varno shranjevanje radioaktivnih odpadkov - ključni problem nuklearne energije.

Z ozirom na velik porast jedrske energije v zadnjih letih, saj se za leto 1980 predvideva 120 nuklearnih elektrarn z 70 000 MW v Zapadni Evropi (1), vse države z instalirano nuklearno energijo vlagajo velike napore za zadovoljivo rešitev odlaganja radioaktivnih

odpadkov.
V principu so programi raziskav v svetovnem merilu podobni. Najprej je treba zgraditi začasno skladišče za vse vrste radioaktivnih odpadkov, s kapaciteto za najmanj 10-20 let, v tem času pa poiskati rešitev za trajno odlaganje radioaktivnih odpadkov.

Nastajanje radioaktivnih odpadkov Radioaktivni odpadki nastajajo v vseh fazah gorivnega ciklusa, Kadar pa se razpravlja o radioaktivnih odpadkih so vedno mišljeni visoko aktivni odpadki od reprocesinga, v zadnjem času pa tudi izrabljeno reaktorsko gorivo.

Izrabljeno reaktorsko gorivo Pri lahkovodnih reaktorjih PWR zamenjamo vsako leto 1/3 gorivnih elementov z novimi. Izrabljeno reaktorsko gorivo vskladiščimo v vodnih bazenih, ki so sestavni del elektrarne, da se "ohladi".
Metoda shranjevanja izrabljenega reaktorskega goriva je v rabi že več kot 10 let in je tehnično dovršena. Vsi drugi načini: hlajenje z zrakom v bunkerjih ali v kanistrih so še v fazi raziskav.(2). V zadnjih letih pa je kapaciteta vodnih bazenov postala premajhna. Podatki so razvidni iz tabel 1-4 za stanje v Evropi. Tudi v USA čaka na reprocesing 68% izrabljenega reaktorskega goriva(3) polni pa so tudi bazeni pri tovarnah za reprocesing. Z uvedbo bor-10 karbidnih plošč se kapaciteta vodnih bazenov povečala za cca 2,5 krat in je s tem trenutna situacija shranjevanja reaktorskega goriva rešena.
Kljub temu pa planira večina držav gradnjo centralnih skladišč za deponiranje izrabljenega reaktorskega goriva: Windscale k že obstoječi zmogljivosti za 1000 t še za 4000 t v letu 1981-85, v la Hague se gradi bazen za 1000 t ki bo lahko sprejel gorivo v letu 1981, planiran pa je bazen še za 4000 t. Nemčija planira izgradnjo centralnega skladišča v letu 1985 za 3000 t, Švedska pa v letu 1982 za 3000 t (4).

T A B E L A 3. (11)

Leto	Belgija	ZRN	Francija	Italija	Nizozemska	GB	Skupna
1978	44	280	38	51	18	60	491
1978-85	700	3,200	3,000	350	140	950	8,340
1978-90	1,500	7,200	9,100	2,100	230	2,250	22,380
1978-2000	3,700	23,000	30,000	12,000	4000	8,350	77,450

Nastajanje izrabljenega oxidnega reaktorskega goriva v evropski gospodarski skupnosti v t kovine.

T A B E L A 4. (12)

Leto	Kapaciteta reprocesinga v t/l LWR gorivo	Zahteva po reprocesingu na leto v tonah	Akumulirana zahteva po reprocesingu v tonah
1970	400	3700	3700
1975	50	3700	3700
1978	250	1500	5200
1980	500	2400	9400
1985	2400	5800	31000
1990	6200	10000	75000

Kapaciteta in zahteva po reprocesingu v Evropi.

T A B E L A 1. (11)

Leto	Belgija	ZRN	Francija	Irska	Italija	Nizozemska	GB
1978	1,7	10,4	6,5		1,4	0,5	6,4
1980	3,5	13,5	17,5		1,4	0,5	7,4
1983	5,5	19,1	30,3		1,4	0,5	9,4
1985	5,5	24	39		5,4-7,4	0,5	9,4
1990	6,8-9,4	40	59-67	0,6	25,8-33,3	0,5-2,5	12,3
1995	8,1-12,0	55	73-84	0,6		0,5-3,5	19,7
2000	9,4-14,6	69,5	86-106	0,6		0,5-4,5	27,4-40,2

Instalirana nuklearna energija ini program v evropski gospodarski skupnosti v 1000 MW

T A B E L A 2. (11)

Leto	Španija	Švica	Švedska	Japonska
1978	1,1	1,9	3,2(1975)	7,4(1976)
1980	4,8	1,9	7,4	
1983	8,6	2,9		
1985	11,7	3,8	9,4	26-33
1990		4,9		45-60
1995		5,9		
2000		5,9		

Instalirana nuklearna energija in program dežel, ki bodo poslale izrabljeno reaktorsko gorivo v evropsko gospodarsko skupnost v 1000 MW

Predelava izrabljenega reaktorskega goriva Postopek za predelavo izrabljenega reaktorskega goriva je bil razvit za pridobivanje plutonija in urana-233 za izdelavo atomskega orožja. Okrog leta 1950,ko je postalo jasno, kako uporabiti nuklearno energijo za proizvodnjo električne energije je bil ta del gorivnega ciklusa daleč najbolj razvit. Kapaciteta je bila večja kot je bilo povpraševanje.Z instaliranjem nuklearnih elektrarn pa je zmogljivost reprocesinga daleč zaostala. Razloge za uvajanje reprocesinga lahko pogledamo s treh aspektov:

1. cena novega urana in reprocesiranega je trenutno približno ista
2. če uporabljamo v reaktorjih samo novo gorivo, trošimo svetovne rezerve urana. Te pa po dosedanjih raziskavah, četudi upoštevamo, da bodo pri intenzivnem iskanju odkrita nova nahajališča urana, pri sedanjem izkoristku goriva ne presegajo velikostnega reda rezerv nafte. Poleg tega je treba upoštevati, da si uporabo vedno novega goriva v reaktorjih lahko privoščijo samo države, v katerih so nahajališča urana. Teh pa v razviti zapadni Evropi ni. Z uporabo vedno novega goriva postane nuklearna energetika zapadne Evrope odvisna od uvoza urana, prav tako kot je sedaj odvisna od uvoza nafte. Iz teh razlogov planira zahodna Evropa poleg že obstoječih, izgradnjo velikih podjetij za predelavo izrabljenega reaktorskega goriva: Windscale 1000 t/l, obratovati naj bi začel 1987-88 leta. 6000 t v 10 letih je planirana proizvodnja za tuje partnerje, predvsem Japonsko. Francija načrtuje izgradnjo novega objekta pri la Hague s kapaciteto 800 t/l z začetkom obratovanja leta 1985. Ta objekt je skoraj v celoti namenjen za predelavo tujega goriva 6000 t v 10 letih. Nemčija planira izgradnjo reprocesinga v treh etapah. Obratovanje naj bi se začelo leta 1990, na Švedskem pa je obratovanje reprocesinga planirano za leto 1990, vendar ta plan še ni sprejet.

Ti podatki jasno kažejo, da so se države uporabnice nuklearne energije odločile za predelavo izrabljenega reaktorskega goriva, četudi današnja ekonomska analiza zaradi zelo visokih investisticij ni ugodna.
3. tretji vidik, ki ga moramo v zvezi z reprocesingom upoštevati pa je shranjevanje odpadkov. Dosedaj še ni znana metoda trajnega skladiščenja izrabljenega reaktorskega goriva ter se to gorivo skladišči samo začasno.

Deponiranje visokoaktivnih odpadkov od reprocesinga
Programi vseh držav, ki uporabljajo jedrsko energijo so v bistvu enaki, čeprav ne nameravajo uvesti reprocesinga morajo zgraditi začasno skaldišče za deponiranje visokoaktivnih odpadkov za nekaj deset let, v tem času pa pripraviti skladišče za trajno deponiranje. Države, ki predelujejo izrabljeno reaktorsko gorivo, vračajo obenem z očiščenim gorivom tudi odpadke od predelave. Te mora vsaka država shraniti na svojem teritoriju.

Začasno deponiranje visokoaktivnih odpadkov Iz ene tone izrabljenega reaktorskega goriva (lahkovodni reaktor) dobimo 70-100 l stekla z 20-30% taljenih oksidov. Toplotna moč zavisi od časa hlajenja in znaša povprečno 5 kW/kontejner. Steklo vložimo v cilinder iz nerjavečega jekla in ga zavarimo, ter nato z zunanje strani dekontaminiramo z vodo pod pritiskom in transportiramo v začasno skladišče. Predloženi so različni načini deponiranja, tehnično pa se uporabljajo samo zračno hlajeni bunkerji. Zrak za hlajenje se vpihava s kompresorji in na izhodu filtrira. V primeru izpada električne enrgije je preskrbljeno za naravni vlek. Sistem je vsestransko preizkušen in se uporablja v industrijskem merilu.

Trajno deponiranje visokoaktivnih odpadkov Za rešitev tega problema so predložene številne metode in idejne rešitve. Najbolj raziskan postopek, izvedljiv z običajno rudarsko tehnologijo pa je deponiranje v globokih geoloških plasteh. Vse države z instalirano nuklearno

energijo programirajo gradnjo trajnih skladišč v geoloških materialih, ki jih imajo na razpolago. Pregled raziskav po posameznih državah je podan v tabeli 5.

Tabela 5 (5)

Vrste geoloških formacij, ki se v raznih državah raziskujejo za deponiranje visoko aktivnih odpadkov

Država	sol	anhidrid	glina	apnenec	kamnina
Avstrija			x		
Belgija			x		
Kanada	x				x
Danska					x
Francija	x				x
DDR	x				
ZRN	x				
Indija					
Italija			x		
Nizozemska	x				
Španija	x	x	x		x
Švedska					x
SSSR					
GB			x		
USA	x		x	x	x
Švica		x			

a) Deponiranje v skladih soli Ta metoda je najbolj raziskana, raziskave trajajo že več kot 20 let. Prednost deponiranja v skladih soli je v tem, da so ti skladi brez vode. S tem odpade glavni fakror, ki lahko povzroči migracijo radionuklidov.

V USA je najbolj raziskana lokacija pri Carlsbadu. Skladišče bo imelo dva podzemna horizonta v globinah 700

in 900 m. Spodnji horizont je namenjen za visokoaktivne odpadke od reprocesinga. Predvideno je poskusno deponiranje do 1000 kontejnerjev, ki naj služi kot dokaz varnega deponiranja. Rezultati bodo znani leta 1979, gradnja pa naj bi se začela 1982 (6,7).

b) Deponiranje v glini Raziskave te vrste se vršijo v Italiji in Belgiji pri Molu v globini cca 200m. Dočim je pri deponiranju v skladih soli voda izključena je v glini stalno prisotna. Povprečno ima glina 25% vode, toda ta voda skoraj stagnira oz. se premakne nekaj metrov v 10^5 letih. Razširjanje radionuklidov zaradi difuzije lahko zanemarimo. Večje težave povzroča nizka toplotna prevodnost gline cca 1 $Wm^{-1}C^{o-1}$. Zaradi tega je treba kontejnere z visokoaktivnimi odpadki hraniti daljši čas v začasnih skladiščih (8,9).

c) Deponiranje v kamninah Najbolj znan projekt za deponiranje visokoaktivnih odpadkov v granitu je v zadnjih letih pripravila Švedska. Lokacija se nahaja v bližini začasnega skladišča, 500 m globoko pod zemljo. Projektirano je za 9000 kontejnerjev, kar odgovarja množini izrabljenega goriva iz 13 reaktorjev v 30 letih. Skladišče tvori vrsta paralelnih tunelov v razdalji 25 m. Kontejnerje bodo deponirali v 5 m globoke jame in nato zasuli z mešanico bentonita in kremenovega peska. Izračunano povišanje temperature granita ne bo preseglo 40 °C. Ta temperatura ne bo povzročila novih razpok v skalah ali odprla talni vodi novih poti. Ko bo tunel napolnjen s kontejnerji se ga bo popolnoma zasulo z mešanico bentonita in kremenčevega peska, prav tako jaške. Zaradi nabrekanja bentonita pri sorbiranju vode je dano jamstvo, da bo tunel res popolnoma zaprt. Na ta način bodo vsi prostori v skali napolnjeni z materialom, ki je prav tako nepropusten kot skala (10).

Abstract

Ways of disposal of high-level radioactive waste are given. The methode of irradiated nuclear fuel storage and the ways of storage and disposal of high-level radioactive wasts from reprocessing are described.

Literatura

1. F.R.Marcus et al., IAEA-CN-36/8, Salzburg Conf.
2. M.Tomlison et al., IAEA-CN-36/178, S.C.
3. S.D.Strauss, Meeting the squeeze on nuclear fuel storage Power, 2 (1976), 53
4. G.K.Rossmey et al. Nuclex 1978 B2
5. F.L.Culler et al., IAEA-CN-36/15, S.C.
6. W.D.Neart, IAEA-SM-207/74,1976
7. R.A.Langley et al., Nuclex 1978, B3/6
8. F.Gera et al. IAEA-SM-207/88, (1976)
9. R.Heremans, Nuclex 1978 B3/3
10. P.E.Ahlström, Nuclex 1978 B3/7
11. P.Rocco, Nuclex 78 B1
12. R.Rometsch, Nuclex 1978 B5

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29,30,31.05. i 01.06.1979.god.

I.Plećaš, Dr Ž.Vuković

LAMELA UGUŠČIVAČ U TRETMANU RADIOAKTIVNIH OTPADNIH VODA

Rezime

U ovom radu ispitivani su parametri procesa i aparata koji utiču na efikasnost uguščivanja suspenzije u LAMELA uguščivaču. Ispitivan je sistem kalcijum-fosfata sa dodatkom ferihlorida kao koagulanta, sa ciljem da se utvrdi mogućnost korišćenja Lamela aparata u tehnologiji obrade radioaktivnih otpadnih voda.

Uvod

U procesu tretiranja radioaktivnih efluenata, taloženje zauzima značajno mesto i predstavlja prvi stepen koncentrisanja čvrste faze. U ovom radu je vršeno ispitivanje Lamela uguščivača kao specifičnog predstavnika vertikalnih kontinualnih aparata koji do sad još nije korišćen u nuklearnoj tehnologiji, a ima veliku primenu u različitim industrijskim postrojenjima.

Parametri Lamela uguščivača i eksperimentalni rezultati

Kod klasičnih uguščivača visina ima vrlo mali efekat na kapacitet, mnogo značajniji faktor je taložna površina. Taložna površina bazena se može povećati postavljanjem niza paralelnih ploča, koje daju efekat zbira nekoliko plitkih bazena postavljenih jedan iznad drugog. Ukoliko su ploče postavljene pod povoljnim nagibnim uglom, omogućeno je kontinualno uklanjanje taloga sa ploča i njegovo izbacivanje iz aparata.

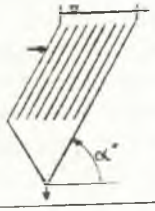
Taložna površina kod Lamela uguščivača je:

$$A_{S.EF} = n \cdot A \cdot \cos\alpha$$

gde je: n - broj ploča
A - površina ploče (cm^2)
α - ugao nagnutosti ploča

$A_{sef} = A$

$A_{sef} = N \cdot A$



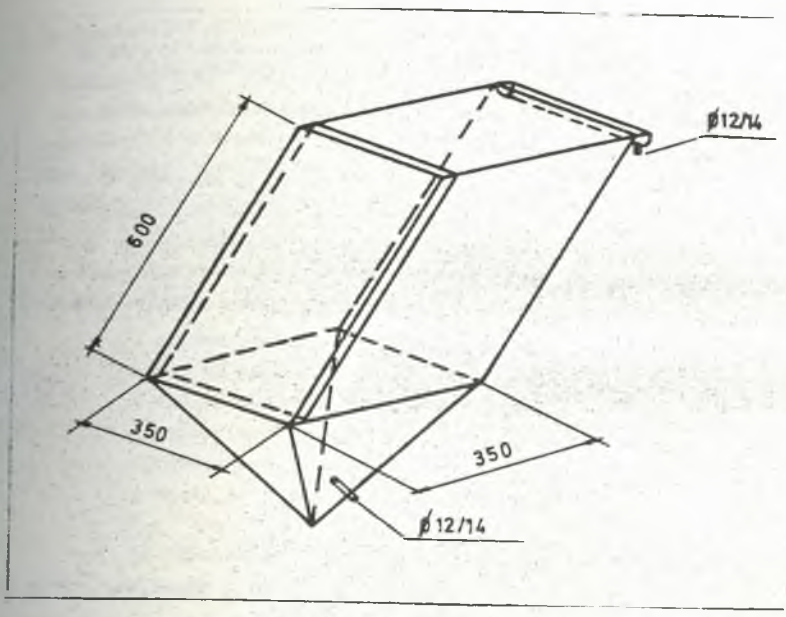
$A_{sef} = N \cdot A \cdot \cos\alpha$

Sl.(1)

Na ovaj način se dobija ušteda u prostoru do 90% sa istom efektivnom taložnom površinom. Lamela uguščivač radi potpuno kontinualno i nema pokretnih delova.

U našoj Laboratoriji je konstruisan jedan "Prototip model" Lamela uguščivača, sa ciljem da se ispitaju i optimizuju njegove mogućnosti eksploatacije u tretiranju radioaktivnih efluenata.

Proračun uguščivača se svodi na proračun površine poprečnog preseka uredjaja, odnosno površine normalne na



Sl.(2)

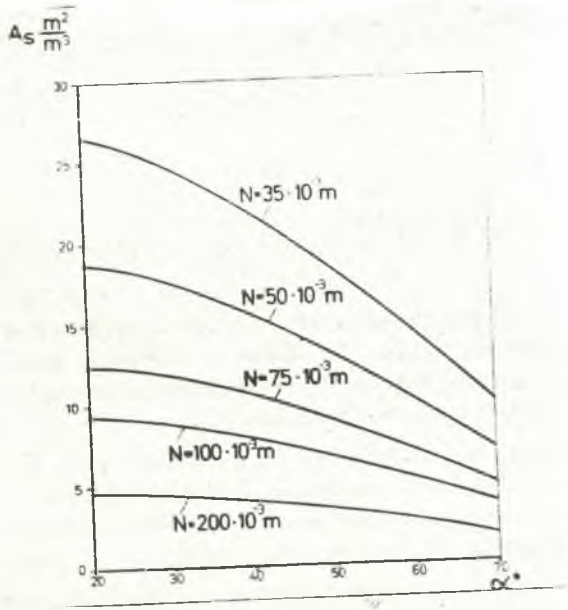
pravac taloženja a na osnovu traženog kapaciteta i taložnih karakteristika čestica. Izračunavanje površine poprečnog preseka uredjaja vrši se na osnovu eksperimentalnih merenja pri diskontinualnim uslovima.

Predvidjeno je da aparat radi protivstrujno, tj. da se ulazni fluid kreće suprotnim tokom pod izvesnim uglom od smera taloženja čestica. Od velikog značaja je nagibni ugao Lamela ploča prema horizontali.

Čestica se kreće koso postavljenim Lamela kanalom brzinom W, i na nju deluje gravitaciona sila taloženja W_T, tako da dolazi do formiranja rezultujuće sile W_R koja odnosi česticu na zid Lamela i ona se kotrlja ka dnu uguščivača brzinom koja zavisi od brzine ulaznog fluida i trenja izmedju čestice i zida Lamela ploča.

Da bi Lamela uguščivač radio kontinualno, tj. da bi se čestice same nesmetano uklanjale principom "SELF CLEANING" eksperimentalno je utvrdjeno da za poznate karakteristike taloga ugao nagnutosti ploča mora biti $\geq 60^{o}$.

Za zadate uslove, vremena zadržavanja rastvora u uguščivaču cd $\tau \sim 1(h)$ i kapaciteta $Q = 100$ (l/h) i nagibnog ugla $\alpha = 60^{o}$, na osnovu dijagrama koji daje zavisnost korisne taložne površine u funkciji rastojanja lamela ploča, izračunata je vrednost: N = 1,5 cm, rastojanje izmedju Lamela.



Sl.(3)

Da bi se fluid pravilni raspodelio u sve Lamela kanale, kao i da se ne bi stvarali kanali, iznad uvodne cevi

je postavljen distributer.

Flow dijagram je prikazan na slici (4).

Sirova voda se prikuplja u rezervoar R_1 1(m^3). Iz rezervoara se voda centrifugalnom pumpom (2) uvodi u brzi mešač (3) gde fluid dolazi u kontakt sa koagulantima (5). Hemikalije kao i podešavanje pH vrednosti se doziraju preko klipne pumpe (6).

Na osnovu eksperimenata, utvrdjeni su sledeći parametri:

- zapremina brzog mešača 3,8 (l)
- brzina mešalice 150 (°/min)
- vreme zadržavanja rastvora 1,5 (min)
- zapremina flokulatora 28 (l)
- brzina mešalice 10 (°/min)
- vreme zadržavanja rastvora 15 (min)

Iz flokulatora fluid se sa već potpuno oformljenim flokulama uvodi u Lamela uguščivač.

Za protoke do 100 (l/h), kroz presek Lamela uguščivača, istaložiće se samo one flokule čija je brzina taloženja veća od: $V = \frac{Q}{A}$, gde je V-površinsko opterećenje, tj. brzina taloženja kritične čestice koja se više ne vraća u suspenziju. Lake flokule, čija je brzina taloženja manja od brzine strujanja ulaznog fluida, sudaraju se medjusobno i sa drugim težim flokulama i aglomerišu se sa njima. Obzirom da stalno nove flokule pristižu u aparat, posle odredjenog vremena dolazi do stešnjenog taloženja te se dobija flokulisani "SLUDGE BLANKET" sloj koji ima ulogu grubog filtra.

Granična površina izmedju izbistrene tečnosti i samog "S.B." sloja je izrazito oštra za protoke do 100 (l/h) pri ovim geometrijskim uslovima.

Flokulisani "S.B." sloj povećava zapreminu u toku vremena. Pomoću specijalno podešene foto ćelije, ova granična površina se održava na odredjenoj visini. Visina "S.B." sloja je od velikog uticaja na efikasnost uredjaja. Foto ćelija je u direktnoj vezi sa magnetnim ventilom na izlazu iz dna uredjaja, tako da ceo sistem pulsira u zavisnosti od protoka rastvora.

Izbistrena tečnost izlazi preko prelivnika i odlazi na dalji tretman.

S obzirom da efluenti sadrže dugoživeći radioizotop ^{90}Sr, odabran je sistem kalcijum-fosfatnog taloženja sa dodatkom ferihlorida kao koagulanta. Talog kalcijum fosfata povlači za sobom i jone ^{90}Sr, tako da je osnovni parametar u merenju bilo uklanjanje fosfatnih jona kao kolektora radioaktivnog ^{90}Sr.

Procenat uklanjanja PO_4^{3-} dostiže vrednost 94-96%(Sl.5) pri protocima Q=30-50(l/h), što odgovara optimalnoj brzini kretanja fluida od W~0,04 (cm/sec). Ova vrednost se vrlo dobro slaže sa literaturnim podacima.

Lamela uguščivač je pokazao dobre rezultate pri uklanjanju mutnoće, jer se na izlazu aparata dobija mutnoća 0,6 JTU od početnih 5,3 JTU.

Zaključak

Lamela uguščivač ima niz prednosti nad klasičnim uguščivačima, tu se prvenstveno misli na malu zapreminu uredjaja u odnosu na veliku taložnu površinu.

Pokazao je solidne rezultate uklanjanje fosfatnih jona, kao i uklanjanje mutnoće.

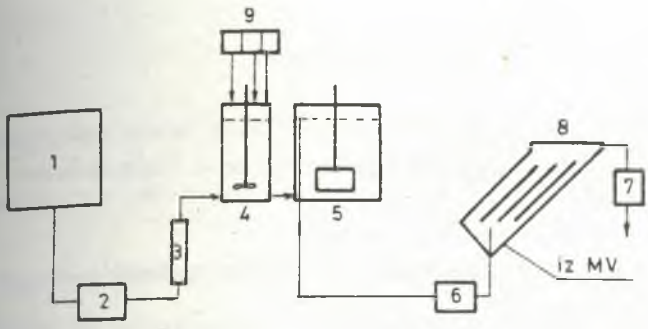
Sama konstrukcija Lamela uguščivača je jednostavna i nema pokretnih delova.

Sistem sa foto ćelijom omogućava potpunu kontinualnost procesa.

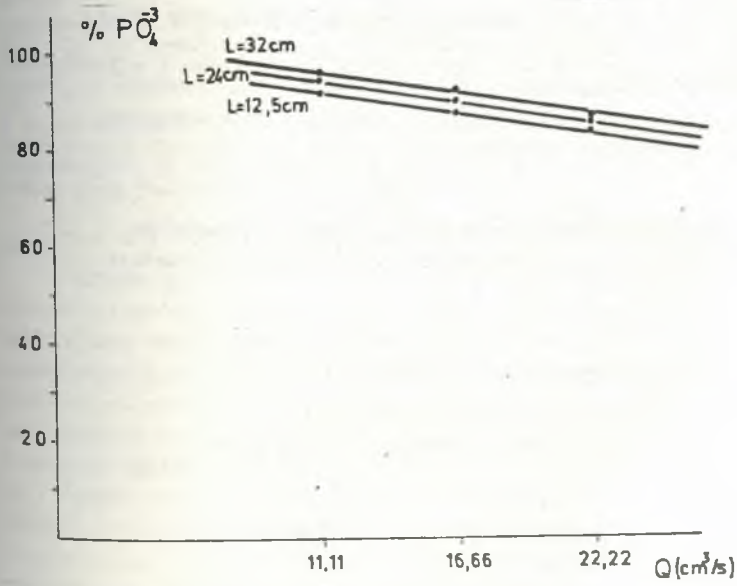
Mišljenja smo da će Lamela uguščivač naći primenu kao deo opreme u nuklearnoj tehnologiji.

ABSTRACT

The investigation of phosphorus removal from water by coprecipitation with $Ca_3(PO_4)_2$ and $Fe(OH)_3$ in "FLUDIZED SLUDGE BLANKET" Sistem in Lamella Thickener is desribed. The Lamella Thickener has a size adventage over the conventional sistem.


9
1
8
7
4
5
3
2
6
iz MV

Sl.(4)


% PO_4^{-3}
100
80
60
40
20
L=32cm
L=24cm
L=12,5cm
11,11
16,66
22,22
Q(cm³/s)

Sl.(5)

Literatura

1. Uklanjanje fosfata klariflokulacijom u fluidizovanom sloju

Plećaš I., Vuković Ž., Jeremić M.
IX Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja

2. Fluidized Bed Clarification in Wastewater Treatment

J.C. Orcutt, B.H. Carpenter
Journal WPCF, Sep.1973.

3. Treatment of Radioactive Water by Phosphate Precipitation

R.A.Lauderdale
Oak Ridge National Lab. Industrial and Enginering Chemistry, July 1951

4. Scaling Laws for Coagulation and Sedimentation
Michael A. Delichatsios, and Ronald F. Probstein
JWPCF, May, 1975

5. Floc Blanket Clarification 1-3

D.G.Miller, J.G.Vest and M.Robinson
Water and Water Engeneering, March 1964

6. Lamela uguščivač u tretmanu otpadnih voda

Plećaš I., Dr Ž.Vuković
Savetovanje "Otpadne vode metalurgije i metaloprerađivačke industrije"

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac 29. maja - 1. juna 1979.

Mr Ljiljana Knežević, dipl. inž. i Olga Janković, dipl.fiz.hem.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"- Vinča
Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

SORPCIJA ^{137}Cs NA DOMAĆIM BENTONITSKIM GLINAMA

Rezime

Proučavani su procesi sorpcije mikrokoličina ^{137}Cs u prisustvu Na^+ i K^+ na domaćim bentonitima. Odredjeni su koeficijenti distribucije u binarnim sistemima Cs-Na i Cs-K zavisno od koncentracije konkurentnih katjona i načina modifikovanja bentonita.
U cilju destabilizacije koloidnog sistema glina-voda vršena je kombinovana obrada gline natrijumhidroksidom, ferihloridom i zagrevanjem. Najbolji rezultati dobijeni su kombinovanom obradom natrijumhidrosidom i ferihloridom.

UVOD

Korišćenje bentonitskih glina za dekontaminaciju radioaktivnih otpadnih voda proučavao je veliki broj istraživača u gotovo svim većim naučnoistraživačkim centrima (1-4), Procesi dekontaminacije baziraju na reakcijama jonske izmene izmedju katjona montmorilonita, glavne komponente bentonitskih glina i katjona koji se nalaze u vodi. Zbog velike stabilnosti koloidnih čestica bentonitskih glina u vodi, razdvajanje tečne i čvrste faze je veoma teško bez prethodne obrade gline. Najčešće primenjeni postupci obrade su termičko tretiranje i obrada gline. Najčešće primenjeni postupci obrade su termičko tretiranje, obrada katjonima i alkalno tretiranje što je predmet i ovog rada.

Eksperimentalni deo

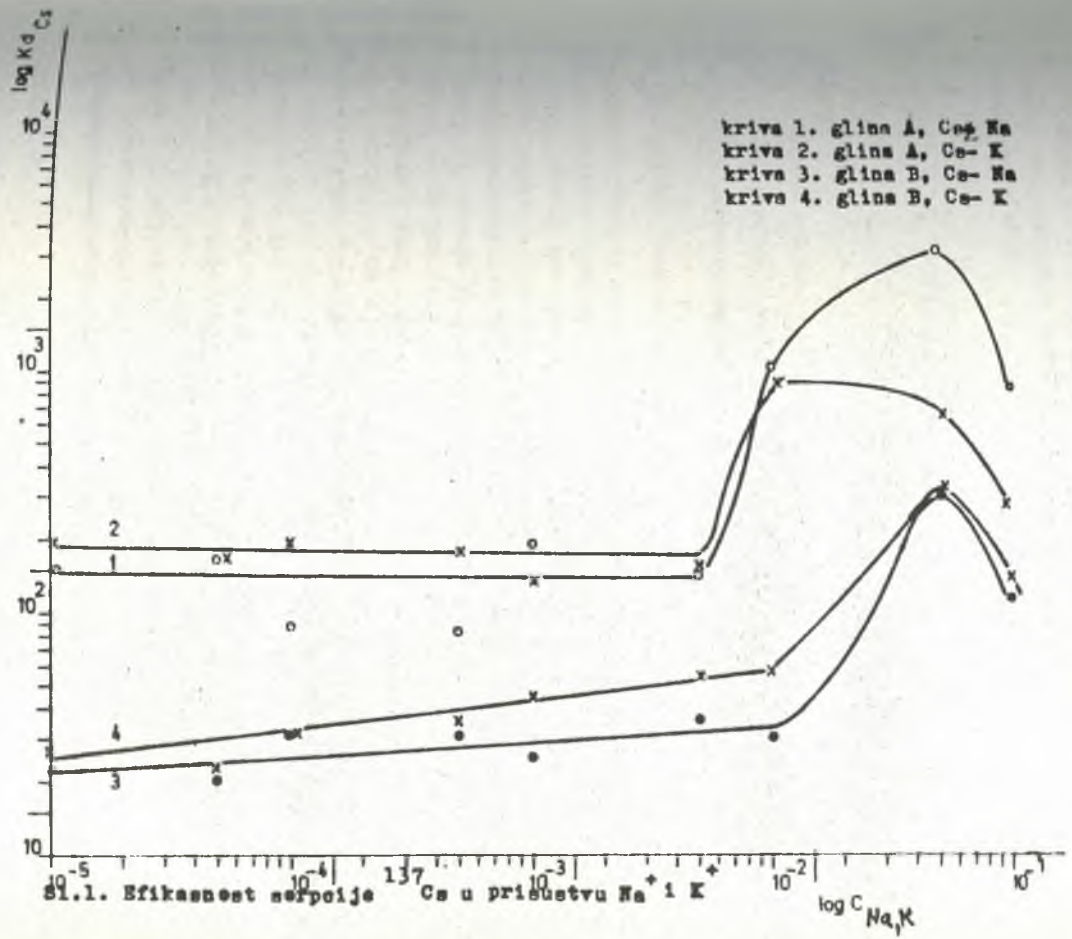
U radu su korišćene domaće bentonitske gline sa dva različita nalazišta, sa istim kapacitetom jonske izmene odredjenim amonijumacetanom metodom koji je iznosio o,7 meq/gr. U daljem radu gline će biti označene oznakama A i B. Hemijski sastav glina odredjen u našoj laboratoriji je sledeći: glina A, SiO_2 50%, R_2O_3 23%, CaO 2,6%, MgO 2,0%, K_2O 0,7%, Na_2O, 1,7%, H_2O konstituciona 5,3 H_2O adsorbovana 10,4% ; glina B SiO_2 61%, R_2O_3 16%, CaO 3,4 MgO, Na_2O 0,6%, K_2O 0,6%,H_2O konstituciona 5,6%, H_2O adsorbovana 9,6%.

Diferencijalno termijskim ispitivanjem odredjene su intezivne endotermne reakcije u intervalima : od 80÷200°C i 600-700°C. Egzotermni pik koji potiče najverovatnij od tragova organskih materija javlja se na 400°C kod obe gline. Metodike rada data je u našim ranijim radovima, kao i način izračunavanja distribucionih koeficijenata.[5,6] pH rastvora pri svim ispitivanjima iznosio je 7-8. Eksperimenti su izvodjeni u statičkim uslovima.

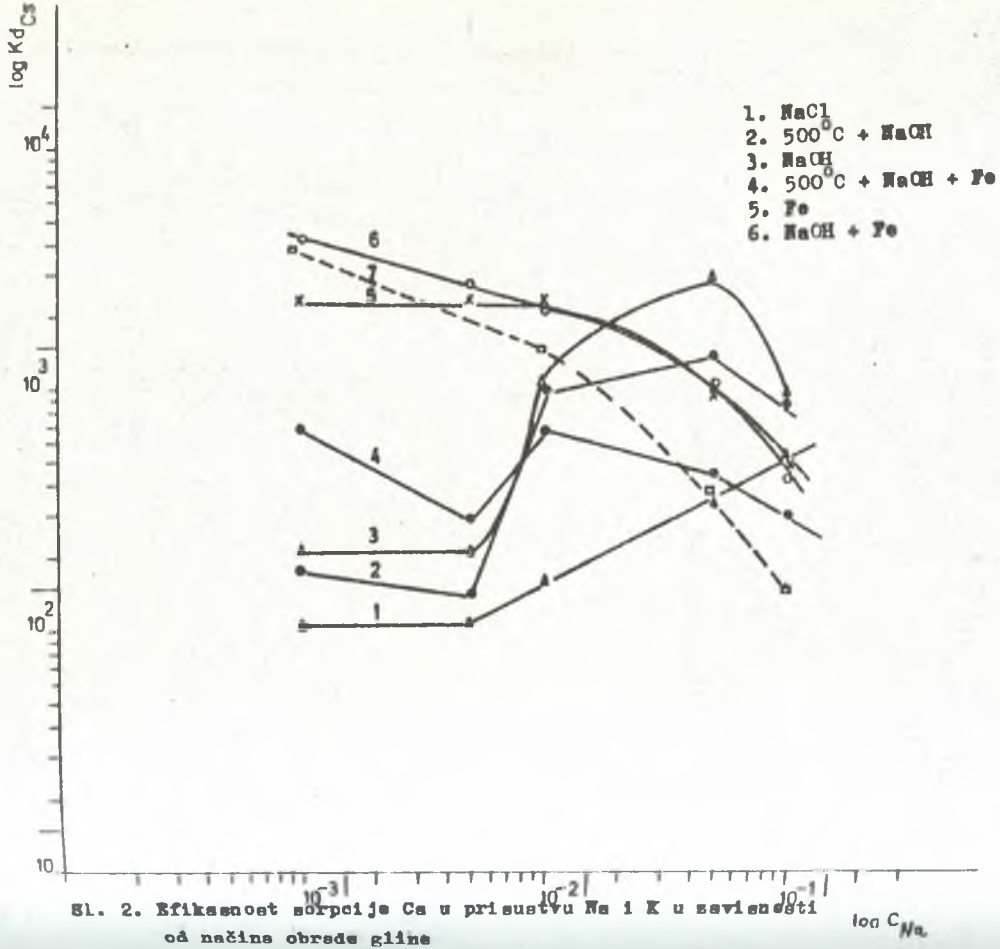
Rezultati i diskusija

Prema zakonu o dejstvu masa zavisnost koeficijenta raspodele mikorkomponente od koncentracije konkurentnog katjona pri jonskoj izmeni istovalentnih jona predstavljena u log-log sistemu ima oblik prave linije sa koeficijentom pravca =1. Našim ispitivanjem uticaja koncentracije Na^+ odnosno K^+ koeficijent distribucije cezijuma ne zavisi od koncentracije makrokomponente u intervalu koncentracija 10^{-5} do 5.10^{-3} i ima konstantnu vrednost. Porastom koncentracije iznad 5.10^{-2}, koeficijent distribucije cezijuma raste, da bi u intervalu koncentracija 5.10^{-2} do 1.10^{-1} imao očekivana vrednosi. (sl.1)

Razlog ovako anomalnog ponašanja sistema potiče usled velike stabilnosti koloidnih čestica pri niskim koncentracijama katjona u rastvoruusled čega pri centrifugiranju dolazi do nepotpunog razdvajanja čvrste i tečne faze sistema. Uklanjanje koloida gline destabilizacijom moguće je postići povećanjem koagulativne nestabilnosti povećanjem koncentracije elektrolita u rastvoru, u vezi sa smanjenjem debljine električnog dvojnog sloja, ali se na ovaj način umanjuje i efikasnost



Sl.1. Efikasnost sorpcije ^{137}Cs u prisustvu Na^+ i K^+



Sl. 2. Efikasnost sorpcije Cs u prisustvu Na i K u zavisnosti od načina obrade gline

uklanjanja ^{137}Cs usled veće koncentretnosti prisutnih katjona.

Drugi način destabilizacije koloida bazira na povećanju brzine sedimentacije čestica, saglasno zakonu taloženja u laminarnom režimu:

$$W_o = \frac{D^2_o (\rho_č - \rho_t) g}{18 \eta}$$

gde je

W_o - brzina taloženja čestica

D_o - ekvivalentni prečnik čestica

η - viskozitet rastvora

$\rho_č$ i ρ_t - gustine čvrste i tečne faze

odakle se vidi da se brzina taloženja može povećati povećanjem prečnika čestica i promenom gustine čvrste faze. S tim u vezi, vršili smo obradu gline (sl. 2) termičkim tretmanom, na 500°C, reaktivacijom termički tretirane gline obradom 10% natrijumhidroksidom, (kriva 2.) obradu natrijumhidroksidom (kriva 3), obradu gline žarene na 500°C natrijumhidroksidom 10%, a zatim 10% $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, i na kraju obradu sirove gline na NaOH i $FeCL_3$ (kriva 6), pri čemu smo postigli efikasnost uklanjanja Cs u prisustvu Na veću za 50 puta, merenu koeficijentom raspodele pri koncentraciji Na od 10^{-3}, što je najčešće realna koncentracija konkurentnih katjona u vodi. Odredjivanjem gustine gline pre (1,62 g/cm^3) i posle tretiranja sirove gline natrijumhidroksidom i ferihloridom (1,74 g/cm^3) vidi se da je došlo do porasta gustine, što se očigledno odrazilo na kinetičku (sedimentacionu) stabilnost sistema glina-voda. U poredjenju sa uklanjanjem Cs na zeoliatu Linde 4A pri istim uslovima (kriva 7 na sl. 2) dobijeni su veći koeficijenti distribucije primenom obradjene gline.

ZAKLJUČAK

U statičkim uslovima ispitivanja je sorpcija mikrokoličina ^{137}Cs u prisustvu Na^+ i K^+ na dve vrste domaćih bentonitskih

glina istih sorpcionih kapaciteta.

Mala efikasnost sorpcije ^{137}Cs je prividna i prouzrokovana je teškoćama razdvajanja tečne i čvrste faze sistema usled velike stabilnosti koloidnih čestica gline u vodenom rastvoru pri niskim koncentracijama konkurentnih katjona.

Modifikovanjem gline termičkim tretmanom, natrijumhidroksidom i ferihloridom pojedinačno i kombinovano, nadjeno je da se najveća efikasnost uklanjanja postiže primenom gline obradjene natrijumhidroksidom, a zatim obradom naknadnom ferihloridom. Ovako dobijeni sorbent može se uspešno primeniti u dekontaminaciji vode za piće kontaminirane cezijumom.

Zahvaljujemo prof. I.V.Melihovu na korisnim sugestijama u toku rada kao i A.Voku i R.Antiću na tehničkoj pomoći pri eksperimentalnom radu.

Abstract

THE SORPTION OF ^{137}Cs ON BENTONITE CLAY

Lj. Knežević i O.Janković

The scription of ^{137}Cs in presence of K^+ i Na^+ on the bentonite clay are studied. Distribution coefficients in the binar sistems Cs-Na i Cs-K are determined as the function of concentration of concurent cations and the mode of modification of bentonite. In order to destabilise coloid system clay-Water combined treatment with NaOH, $FeCl_3$ and heating of the system was performed. The best rezults are obtained combining treatment with NaOH and $FeCl_3$.

LITERATURA

1. Tašpulatov Dž. el al Dokladi Akademii nauk UzCR, 8,22, 1974.
2. Kobajashi K. et al Bulletin Chem.Soc.Jap. 48, 3533, 1975.
3. Tsuneo T., Inten. Clay Conf. Stocholm, vl. 1963
4. Ginell W.S., Nucleonics 12, 12, p. 19,1954
5. Knežević, Janković, Naučno tehnički pregled 6, 1971.
6. Janković, Knežević, ICRP, Brajton, 1970.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac, 29,30,31.05. i 01.06.1979.g.

Ž.Vuković, A.Matijašić, I.Plećaš
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja

IZBOR TEHNOLOGIJE OBRADE RADIOAKTIVNIH OTPADNIH MATERIJA U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ" U VINČI

Rezime

U referatu je prikazana planirana tehnologija obrade tečnih i čvrstih radioaktivnih otpadaka u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči.

Uvod

Institut "Boris Kidrič" u Vinči ima na stokiranju radioaktivne otpadne materije (RaO) u tečnom i čvrstom agregatnom stanju koji su nagomilani u 30 godišnjem periodu, praktično od početka primene nuklearne energije u našoj zemlji. RaO potiču iz rada nuklearnih reaktora, proizvodnje izotopa i istraživačkih laboratorija IBK kao i od korisnika izvora zračenja izvan IBK. Ovi RaO su privremeno stokirani u IBK ali na način koji nije u skladu sa postojećim normama u zbrinjavanju RaO. Zbog toga je u toku izrada projekta za obradu do sada nagomilanih RaO koje će služiti za buduće potrebe kao i za sticanje iskustva koja će moći da budu od koristi za rešavanje budućih problema RaO obrade i trajnog zbrinjavanja koji nastaju iz različitih faza gorivnog ciklusa.

Tehnologija obrade tečnih otpadaka

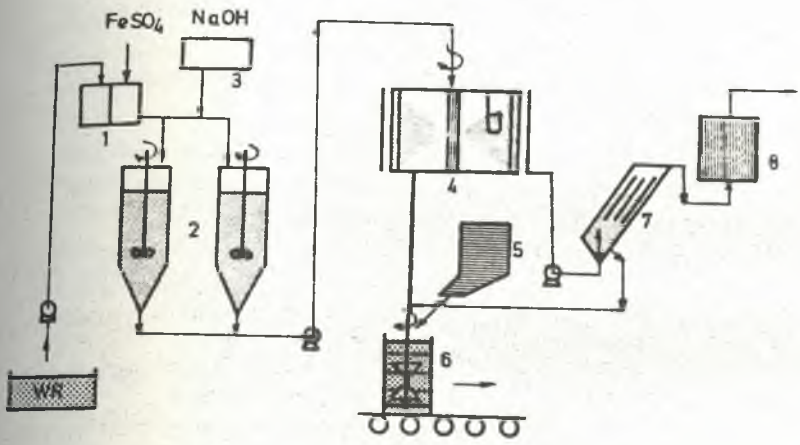
Tečni otpaci imaju varijabilan hemijski i radiohemijski sastav. Glavnina potiče iz reaktora RA i nastali su dekontaminacijom primarnog sistema rastvorima hrom-fosforne kiseline. Ovi nisko aktivni efluenti sreću se kod raznih tipova reaktora u Engleskoj, SSSR i drugde, gde se koristi legura Stelit, osnovna radioaktivna komponenta je Co^{60} u neaktivna Cr_2O_7 (7,2 S/e) i PO_4^{III} (2,9 g/l), posebna karakteristika ovih efluenata što se zbog primene kompleksirajućih agenasa, kobalt nalazi u formi anjonskog kompleksa. Tehnologije tretmana niskoaktivnih tečnih efluenata dobro su razvijene i uhodane. Osnovne tehnologije baziraju na sledećim metodama: taložnim metodama (koagulacija i koprecipitacija) jonska izmena i uparavanje.

Uparivači raznih tipova su najefikasnija sredstva za dekontaminaciju efluenata i ostvarenje velikih faktora dekontaminacije>10^4. Ograničenja su velika investiciona ulaganja, velika potrošnja energije i sadržaj soli koji se limitira na 0,5 g/l. Efikasnost jonske izmene najdirektnije je uslovljena koncentracijom konkurentnih jona, a osobenost hemijskih metoda je da se postižu relativno niski faktori dekontaminacije 10^1-10^2 i da je potrebna dopunska obrada, što je ujedno najefikasniji metod tretmana. Pored toga razvijene su i razvijaju se metode tretmana sa specifičnim namenama, ali su ove bazične. Razvijeni centri imaju po pravilu u tehnološkoj šemi obrade ugradjene sve tri metode, pri čemu je osnovna metoda uparavanje. U nuklearnim centrima kao što su Saclay, Ržež, Karlsruhe i dr., nastaje dnevno 2000-4000 m^3 efluenata, jer ove institucije imaju specijalnu aktivnu kanalizaciju.

Za obradu efluenata u IBK predložen je sledeći postupak:

1. redukcija
2. neutralizacija
3. taloženje
4. jonska izmena
5. cementiranje taloga.

Šema postrojenja za tretiranje tečnih radioaktivnih efluenata iz WR-bazena prikazana je na sl.(1).



Sl.1.

Iz WR-bazena efluent se pomoću uronjavajuće pumpe prebacuje u bazene za odležavanje (1) u koje se dozira rastvor $FeSO_4$ kao redukciono sredstvo. Posle odredjenog vremenskog perioda, pomoću centrifugalne pumpe, rastvor se prebacuje u dva reakciona suda (2) u kojima se vrši neutralizacija rastvora. Rastvor NaOH se uvodi iz dozirne posude (3) i reguliše se vrednost pH. Doziranje je postepeno.

Posle neutralizacije, suspenzija se ostavi u reakcionim sudovima zatim se izvrši dekantacija. Izbistreni rastvor se recikališe, a talog uvodi u prelivnu centrifugu (4). Efluent se sa preliva centrifuge odvodi u naknadni Lamela ugušivač (7) i konačno odvodi do jonoizmenjivačkih kolona (8). Efluent se kontroliše i ispušta u recipijent. Iz prelivne centrifuge, talog se skida "nožem" i zajedno sa talogom iz lamela ugušivača prebacuje u metalnu burad od 200 l (6). Talog ima potrebnu vlažnost pa se u ovim kontejnerima u odredjenom odnosu meša sa Portland cementom, tip "400", smesa se homogenizuje specijalnom "planetnom

mešalicom". Posle pola časa mešanja, bure se zatvara poklopcem sa vijkom, kontroliše spolja i odnosi pomoću viljuškara u prostor za privremeni smeštaj. Svaki ovakav kontejner sadrži 0,1 Ci Co^{60}.

Postrojenje je tako koncepirano da se preradjuje oko 1000 l efluenata dnevno.

Prednosti fiksiranja tečnog otpada cementnim postupkom su: manja investiciona ulaganja, relativna jednostavnost samog postupka i što betonska "smesa" pruža izvesnu zaštitu od zračenja.

Nedostaci ovakvog fiksiranja su: manji kapacitet postrojenja, manji odnos smanjenja zapremine otpada, kao i manji faktor dekontaminacije.

Tehnologija obrade čvrstih otpadaka

U ranijem periodu čvrst otpad nije kondicioniran, sakupljan je u burad od 200 l i odlagan na otvorenom prostoru. Otpaci se sastoje iz metalnih predmeta, tkanina, papira, plastičnih i gumenih materijala a ima i voluminoznih otpadaka iz izvora Co^{60} i Ir^{192}.

Tehnološka šema obrade čvrstih radioaktivnih otpadaka u IBK prikazana je na slici 2.

Predvidjena je trijaža otpadaka, razdvajanje stišljivih od nestišljivih otpadaka. Stišljivi otpatci se presuju u burad od 200 l sa biološkom zaštitom. Predvidjena je presa snage $10 t/cm^2$ i faktor smanjenja zapremine 3-4.

Voluminozni otpatci i metalni predmeti se posle isecanja na komade stavljaju u metalnu burad i betoniranu. Planirani pogon predvidja obradu 12 m^3 otpadaka za osmočasovno radno vreme.

Zaključak

Realizacijom planiranog projekta obezbedjuje se obrada tečnih i čvrstih radioaktivnih otpadaka i njihovo prevodjenje i pakovanje u burad od 200 lit. po svim propisima predvidjenim za privremeno odlaganje radioaktivnih otpadaka.

Na teritoriji Instituta "Boris Kidrič" ne predvidja se trajno odlaganje radioaktivnih otpadaka. Postoje inicijative da se izgradi skladište za trajno odlaganje otpadaka koje bi prihvatilo ne samo ovaj otpad već i otpad iz drugih centara.

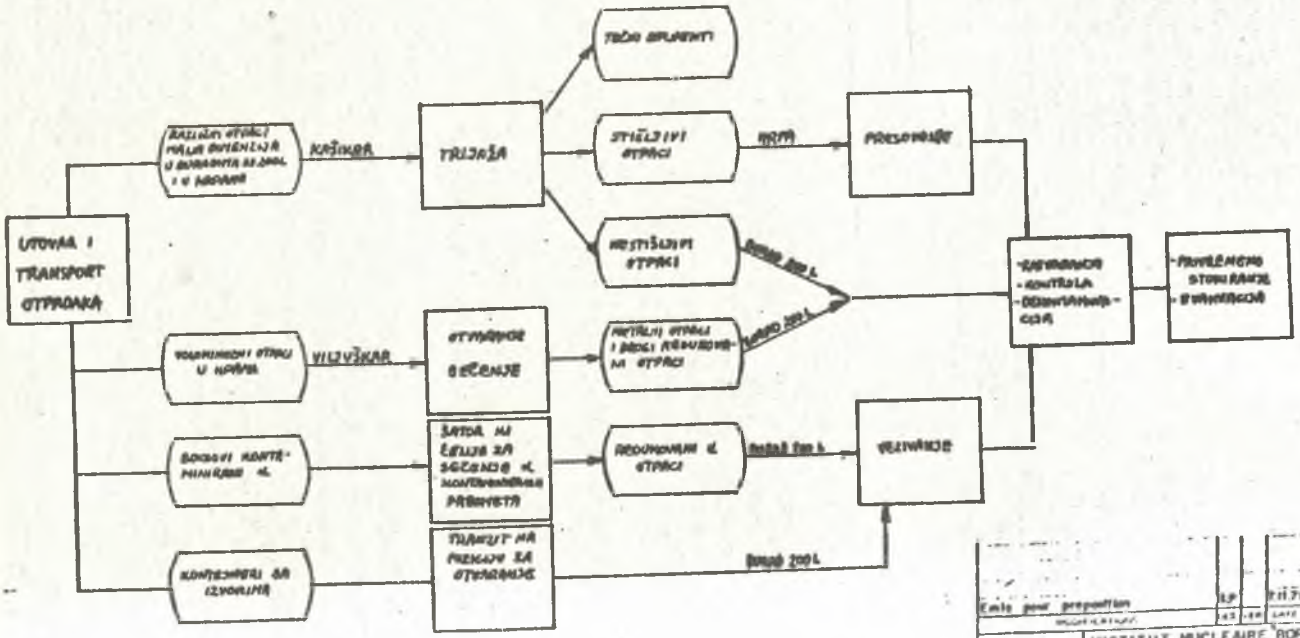
Abstract

The planned thechnology for treatment of low level liquid and solid radioactive wastes in Boris Kidrič Institute has been presented.

Literatura

1. J.V.Kuznecov, V.N.Šebetkovski, A.G.Trusov
   Osnovi očistki vodi ot radioaktivnih zagrjaznenij
2. C.B.Amphlett, Ph.D.D.Sc.
   Radioactive wastes
3. C.A.Mawson
   Management of Radioactive Wastes
4. R.H.Burns, J.H.Clarke
   Harwell, Berks, U.K.
   Harwell experiences in waste management
5. J.B.Lewis
   Effluent and Water Treatment at aere Harwell
6. F.E.Taylor and G.A.M.Webb
   Radiation Exposure of the UK Population
7. Marion Hill and Paul Grimwood
   Radiological Protection Board, Harwell
   Nuclear Waste Disposal: Radiological Protection Aspects.

TEHNOLOŠKA ŠEMA OBRADE ČVRSTIH RADIOAKTIVNIH OTPADAKA U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ"-VINČA



X Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
29. maj - 1. jun 1979.g. Arandjelovac

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

D E K O N T A M I N A C I J A
JODA - 131
U PRISUSTVU HEMIJSKI AKTIVNIH
GASOVA- H L O R A

D. Petrović, D. Panov

U toku prošlih godina ispitivali smo dekontaminaciju ili tačnije prečišćavanje otpadnih gasova od radioaktivnih gasova radona-222 i joda-131. Ispitivanja su vršena u zavisnosti od realnih uslova i hemijskih osobina pene. U toku rada došlo se do ideje da se ispita celokupan postupak dekontaminacije od uklanjanja radioaktivnih gasova iz vazduha do njihovog izdvajanja kao čvrstog otpada male zapremine, pogodnog za odlaganje na radioaktivna groblja. U tom cilju, ispitivanja ove godine su bila vršena u celokupnom obimu od dekontaminacije otpadnih gasova u prisustvu hemijski aktivnih gasova do dekontaminacije radioaktivnog joda-131 iz rastvora pene.

Dosadašnji rezultati: Dosadašnja ispitivanja su pokazala da je moguće trajno i potpuno izdvojiti iz vazduha radioaktivne hemijski aktivne gasove (jod-131). Ovi gasovi se potpuno vezuju u visoko-ekspanzivnoj peni (u slučaju joda-131 korišćena je hemijska reakcija sa natrijum tiosulfatom) odgovarajućom hemijskom reakcijom i posle obaranja pene (prirodnim ili prisilnim putem) kontaminant trajno ostaje u oborenoj peni. U slučaju hemijski inertnih gasova, plemenitih gasova, hemijska reakcija nije

moguća i posle obaranja pene ovi gasovi se opet nesmetano vraćaju u atmosferu. Medjutim sretna okolnost je što su inertni plemeniti gasovi u pogledu radioaktivnosti kratkoživeći, tako da posle 2 časa od trenutka akcidenta, njihova aktivnost je beznačajna. Trajanje visoko-ekspanzivne pene je u prirodnim uslovima do 24 časa, a u laboratorijskim uslovima i do 3o časova. Uticaj pH na sposobnost dekontaminacije je ispitivan i utvrdjen je uticaj pH pene na veličinu faktora dekontaminacije. Najbolji rezultati su dobijeni u pogledu dekontaminacije plemenitih gasova (radon 222) za sciditet pene pH=1.

Mogućnost dekontaminacije iz rastvora pene za jod-131 je ispitivan i dobijeni su pozitivni rezultati. Dekontaminacija rastvora pomoću pene ima dve merne veličine i to: faktor dekontaminacije i redukcija zapremine. Mi smo u našim istraživanjima ispitivali odrddjene parametre neophodne za konstruisanje kolone za dekontaminaciju pomoću pene i odgovarajuće faktore dekontaminacije, kao i uticaj pH rastvora na sposobnost dekontaminacije rastvora pene. Dekontaminacija inertnih gasova nije ispitivana iz rastvora, pošto se na osnovu ispitivanja i iznetih rezultata pokazala kao suvišnom.

Metoda rada: Vršena je kontaminacija ranije opisane komore i uredjaja za ispitivanje dekontaminacije vazduha (1) sa radioaktivnim jodom-131 i gasovitim hlorom. Metoda za dobijanje radioaktivnog joda-131 je i ranije korišćena i opisana (1). Gasoviti hlor je dobijen po metodi (2), koja koristi niže navedenu reakciju:

$$2\ KMnO_4 + 16\ HCl = 2\ KCl + 2\ MnCl_2 + 5\ Cl_2 + 8\ H_2O$$

Metoda je zgodna zato što nije potrebno zagrevanje, već se reakcija odvija na sobnoj temperaturi. Kalijum permanganat se stavlja u balon, a hlorovodonična kiselina se dodaje kroz kapalicu. Dobijeni hlor je na sobnoj temperaturi u molekulskom obliku.

U našim eksperimentima mi smo dobijali oko 22 l gasovitog hlora, prema jednačini:

$$60\ gr.\ KMnO_4 + 117\ gr.\ HCl = \underline{22\ l.Cl_2} + ostatak$$

Korišćen je rastvor pene od 2%, od koga je napravljena pena uobičajenim postupkom (1). Koncentracija radioaktivnog joda je praćena u uredjaju za pravljenje gasovitog radioaktivnog joda, u kontaminiranom delu komora, u oborenoj peni i vršen je bilans aktivnosti. Peni je dodavana uobičajena količina natrijum tiosulfata, radi boljeg vezivanja gasovitog radioaktivnog joda u peni.

U toku rada praćen je pH rastvora pene, pene u komori, pre i posle kontaminacije sa hlorom i posle obaranja pene.

Uzorak pene posle obaranja je ispitivan za dekontaminaciju vezanog joda pomoću kolone sa penom iz rastvora pene.

Merenja su vršena na brojačkom kompletu STV-1 proizvodnje INN "Boris Kidrič" iz Vinče, sa scintilacionom sondom. Standardizovanje i odredjivanje efikasnosti je vršeno sa standardnim izvorom C-14, beta izvor, jačine ca.10^{-0}Ci, od firme Friseke i Hoefner. Energija beta zračenja radioaktivnog izvora C-14 iznosi:

beta raspad C-14 = 0,156 MeV-a
gama raspad C-14 = nema

Za radioaktivni jod - 131 energije su sledeće:

beta raspad J-131 = 0,60; 0,33; 0,25; 0,01 MeV.a
gama raspad J-131 = 0,304; 0,284; 0,080; 0,638 MeV-a

tečni uzorci su mereni u zapreminskim uzorcima od 5 ml sa efikasnošću brojača od 0,137 % za odredjenu geometriju sa beta scintilatorom u odnosu na standard C-14. Gasoviti uzorci su uzimani sa papirnim filterom "rose", namočenim u zasićen rastvor natrijum tiosulfata i osušenim na sobnoj temperaturi, sa efikasnošću od 5 % u odnosu na standard C-14 sa beta scintilatorom i odredjenom geometrijom.

Zahvaljujući ovim merenjima svi rezultati su dati kao aktivnost uzorka i izvršen je bilans aktivnosti u eksperimentima.

Dekontaminacija joda-131 iz rastvora pene, vršena je sa kolonom od pene, čija je konstrukcija i odredjeni parametri ranije opisani (3).

U našim eksperimentima radioaktivni jod je korišćen kao traser neaktivnom jodu. U opisani uredjaj (1) je dodata reakciona smeša:

20 ml NaJ pa. konc. 6 mg/ml.
4 ml $NaNO_2$ pa. " 0,5 M
2 ml H_2SO_4 pa " d = 1,84

Reakcija se odvijala na temperaturi od oko 45 °C i išla je do kraja, po sledećoj formuli:

$$2\ NO_2^- + = J^- + 4\ H^+ \longrightarrow 2\ NO + H_2O$$

Količina radioaktivnog joda u jednoj probi je bila 2 odnosno 4 mCi radioaktivnog joda-131. Odgovarajuća količina neaktivnog joda u jednoj probi je iznosila 101,6 odnosno 203,2 mdr.

Masa 1 kirija (1 Ci) je dobijena iz jednačine (4):

$$m(gr) = N \times A/N_0 = 3,7 \times 10^{10}\ A/yN_0 = 6,15 \times 10^{-14}\ A/y$$

gde je N -broj prisutnih atoma radioaktivnog elementa, atomske težine - A, a N_0 avogadrov broj i y konstanta radioaktivnog raspada. Na sledećoj tabeli 1. imamo težine 1 Ci odredjenih radioaktivnih elemenata:

T A B E L A 1.

Elemenat	Radioaktivna konstanta	V r e m e poluraspada	Masa 1 kiriji (1Ci)
A	y u sec^{-1}	T	gr
Ra - 226	$1,36 \times 10^{-11}$	1.620 g.	1,00
Rn - 222	$2,1 \times 10^{-6}$	3,82 dana	$6,5 \times 10^{-6}$
C - 14	$4,7 \times 10^{-12}$	5,000 g.	0,195
J - 131	$9,6 \times 10^{-7}$	8 dana	$8,4 \times 10^{-6}$

Prema tome u našem eksperimentu aktivnost od 2 mCi Joda-131 je bila traser, dok je upotrebljena količina joda odgovarala težinski 12.095,3 Ci. Ovako posmatrano eksperiment je u potpunosti simulirao akcident sa radioaktivnim jodom.

Prema tome masa od 101,6 mgr joda odgovara po težini aktivnosti od 12.095,3 Ci.

N A Š I R E Z U L T A T I: Zapremina 6 l 2 % rastvora pene je prevedena u penu i napunjen je odredjeni prostor u komori. Potom je kontaminirana komora (donji slobodni deo) sa gasovitim hlorom, a potom uveden radioaktivni jod (traser) zajedno sa neaktivnim jodom. U toku 30 minuta (vreme trajanja procesa dobijanja radioaktivnog i nekativnog joda) praćena je koncentracija radioaktivog joda u donjem delu komore. Potom je pena obarana sa vodom i uziman uzorak (5 ml.) radi merenja radioaktivnosti u tečnosti.

Na tabeli 2. imamo rezultate merenja pH - aciditeta u komori i u korišćenim rastvorima:

T A B E L A 2.

S r e d i n a	pH	
Rastvor 2 % pene	7	neutralno
Pena, pre kontaminacije sa gasovitim hlorom	7	neutralno
Pena, posle kontaminacije sa gasovitim hlorom	1	jako kiselo
Pena posle kontaminacije sa gasovitim jodom	1	jako kiselo
Pena po završetku eksperimenta	1	jako kiselo
Rastvor pene posle obaranja sa ca 50 l vode	7	neutralno
Pripremljen rastvor pene sa jodom-131, zakiseljen sa H_2SO_4, konc.-rastvor za dekontaminaciju pomoću kolone sa penom	1	jako kiselo

Bilans aktivnosti u eksperimentu - Uzeto je 4 mCi J-131, kao trasera i dodato u reakcionu smešu. Reakcija je išla do kraja, (vizuelna kontrola). Posle završetka eksperimenta, merenje je vršeno zaostale aktivnosti u balonu i količine aktivnosti u rastvoru. oborene pene.

Početna aktivnost:	4 mCi
Zaostala aktivnost u balonu	0,1 mCi
Aktivnost u rastvoru oborene pene u komori:	0,52 mCi
Razlika:	3,38 mCi

Ova razlika potiče od deponovane aktivnosti u cevovodu prilikom dovodjenje u komoru. Naime, reakcija se odvija u balonu pri temperaturi od oko 45 °C, tako da je neophodno hladjenje gasovitog joda na sobnu temperaturu, pre dolaska u komoru. Najveći deo gasovitog radioaktivnog i neaktivnog joda se deponuje na zidove cevovoda. U našim eksperimentima je temperatura sobe iznosila 19,6 - 20,3°C, temperatura komore spoljna 20,7°C, a unutrašnja 21,3°C. Ovako visoke temperature (u granicama sobne temperature) su neophodne da bi se eksperimenat izvodio sa gasovitim jodom.
Na sobnoj temperaturi ispod 18°C već dolazi do prelaska joda u čvrstu fazu - čestice joda.

Ranije izračunata simulirana aktivnost, prema tome, nije tečna nego je manja i iznosi ekvivalentno (preko prisutne mase joda) od oko 1.572,9 Ci radioaktivnog joda, što pretstavlja još uvek visoku vrednost.

Ukupna radioaktivnost koja je ušla u komoru, odnosno dekontaminirana sa penom u toku 30 minuta iznosi 0,52 mCi. Radioaktivnost nije dolazila konstantom brzinom već je imala ulazni deo, maksimum i silazni deo, posmatrajući aktivnosti u toku vremena od 30 minuta. Srednja vrednost ipak iznosi od 0,017 mCi/min. brzina dekontaminacije.

Zapremina kontaminiranog dela komore iznosi 225 l., što daje aktivnost po 1 litru vazduha $2,3 \times 10^{-3}$ mCi/l vazduha ili $7,7 \times 10^{-5}$ mCi/l/min vazduha

Kretanje aktivnosti joda - 131 u kontaminiranom delu komore kretalo se kao što je prikazano na tabeli 3.

T A B E L A 3.

Vreme od početka kontaminacije	Aktivnost u komori	
t u min.	/u Ci	/uCi/l vazduha
0	$3,15 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-5}$
5	$4,05 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-5}$
15	$1,69 \times 10^{-3}$	$0,75 \times 10^{-5}$
20	$1,9 \times 10^{-3}$	$0,85 \times 10^{-5}$
25	$5,4 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-5}$
30	$3,38 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-5}$
Srednja vrednost	$3,26 \times 10^{-3}$	$1,45 \times 10^{-5}$

Pošto vidimo da ni u jednom trenutku nije došlo do ozbiljnog značajnog povećanja aktivnosti u samoj komori to možemo sa sigurnošću tvrditi da je brzina dekontaminacije jednaka ili veća od brzine kontaminacije, što iznosi:

brzina dekontaminacije $\geqslant 7,7 \times 10^{-5}$ mCi/l/min

Odatle dobijemo i realan faktor dekontaminacije:

$$\frac{\text{Početna aktivnost}}{\text{Krajnja aktivnost}} \text{ (u komori)} = \frac{0,52 \text{ mCi}}{3,26 \times 10^{-6} \text{mCi}} = 15,95 \times 10^{4}$$

Što daje realan faktor dekontaminacije

$$F.D. = 15,95 \times 10^{4}$$

Dekontaminacija rastvora posle obaranja pene vršeno je sa kolonom od pene, visine 150 i 180 cm. Protok vazduha je minimalan 3-5 l/čas. Pri ovim uslovima h - ravnotežna visina pene je približno jednaka visini kolone, a vreme trajanja dekontaminacije je oko 0,7 x vreme postojanosti pene (3). Posle dodavanja konc. sumporne kiseline

do pH = 1 u pomenutom rastvoru došlo je do stvaranja intenzivnog koloidnog rastvora, koji se tokom eksperimenta povećavao. Ovaj talog je došao verovatno zbog prirustva rastvorenog gasovitog hlora, koji je u kiseloj sredini (pH = 1) reagovao do hlorida.

Pri navedenim uslovima dekontaminacije pomoću kolone od pene, nije došlo do efekta odvajanja, separacije, odnosno dekontaminacije joda-131. Dobio se efekat povećanja koncentracije aktivnosti u osnovnom rastvoru za oko 10 %, kolika je zapremina i pene koja je izdvojena iz kolone. Naime došlo se do suprotnog efekta od očekivanog. Ovo tumačimo prisustvom anjona hlorida i talogu na kojem je došlo do taloženja ili koprecipitacije radioaktivnog joda, vezanog sa natrijum tiosulfatom.

Ispitivanja o mogućnosti dekontaminacije pomenutog rastvora preko opisanog efekta nisu dala pozitivne rezultate.

Z a k l j u č a k

Dekontaminacija radioaktivnog joda-131 sa prisutnim neaktivnim jodom (simuliran akcident sa oa 1.500 Ci aktivnosti joda) u prisustvu hemijski aktivnih gasova - h l o r a, koji bitno menjaju aciditet sredine, pokazala se mogućom i zadovoljavajućom.

Ranije spomenuti i procenjeni faktori dekontaminacije reda veličine 10^{-3} so 10^{-4} su ovim merenjima potvrdjeni. Naime brzina dekontaminacije je veća od brzine kontaminacije, tako da već prilikom samog procesa kontaminacije, dolazi á do dekontaminacije, dok mereni rezultati u atmosferi komora pokazuju samo trenutnu razliku brzina ova dva procesa, a ne stvaran odnos aktivnosti. Medjutim kod svodjenja bilansa aktivnosti ovi odnosi su realni i stvarni. Tako dobijen faktor dekontaminacije od $1,6 \times 10^5$ je realan i prema teorijskim razmatranjima (5) stvarno moguć.

Prisustvo gasovitog hlora, prema tome najverovatnije pozitivno utiče na veličinu dekontaminacije (pH=1), ali negativno utiče na mogućnost dekontaminacije oborenog rastvora pene.

Napominjemo da u našim radovima se pojavljuju dve opzitne vrednosti faktora dekontaminacije, što dolazi otuda jer se teorijski razmatra odnos:

$$\frac{\text{krajnje aktivnosti}}{\text{početnu aktivnost}}$$

dok se u praksi koristi recipročna vrednost ove veličine. Otuda dolazi do pojave negativnog ili pozitivnog eksponenta u izrazu za rad veličine faktora dekontaminacije.

L i t e r a t u r a

1. Petrović, D.: (magistarski rad) Farmaceutsko-biohemijski fakultet, Sveučilište u Zagrebu; Sorpcija gasova i čestica u visoko--ekspanzivnoj peni, Beograd, 1973.

2. Parkes, G.D.: Melorova moderna neorganska hemija, Izd.Naučna Knjiga, Beograd, 1964, str. 462.

3. Petrović, D.: Izveštaj IMR prema ugovoru sa Sekretarijatom za zdravlje i socijalnu politiku od 1975.g.

4. Tubiana, M. i saradn. : Bases physiques de la radiotherapie et de la radiobiologie, Ed. Masson et Cie, Paris, 1963,str.343.

5. Jury, S.H.: Foam decontamination of air containing radiactive iodine and particulates following a nuclear incident. ORNL-TM-1509, October 1966.

X SIMPOZIJUM
JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA - ARANDJELOVAC,
29, 30, 31.V. i 1.VI.1979.

dr.ing. Vladimir Joksimović
Institut zaštite na radu - Niš

UTICAJ VELIČINE OZRAČENOG POLJA NA TAČNOST MERENJA SLABLJENJA X-ZRAČENJA KROZ BARITNU BARIJERU

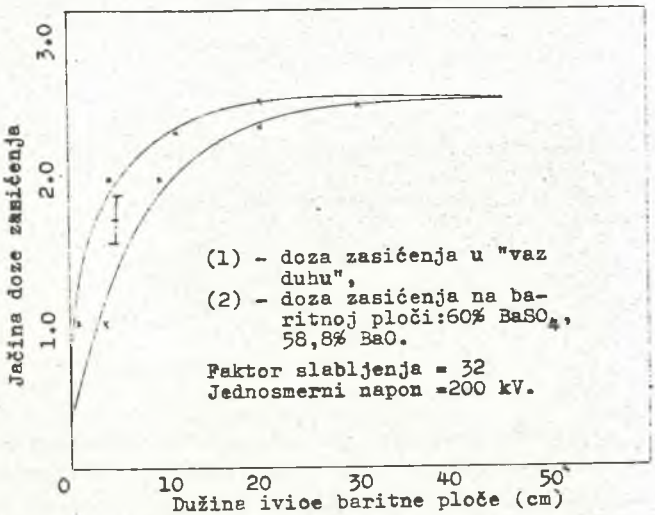
Na tačnost merenja propuštene radijacije kroz apsorber utiče više faktora, a medju njima i veličina ozračene površine X-zracima. U ovom radu odredjen je uticaj veličine ozračenog polja na tačnost merenja kroz baritnu ploču od 60% $BaSO_4$, 58,8% BaO, gustine 2,943 g/cm^3.

Stepen slabljenja X-zračenja pri prolazu kroz zaštitnu barijeru, osim debljine, zavisi još i od veličine ozračene površine barijere. Slabljenje je najveće kad je veličina ozračenog polja dimenzija tačke i opada sa povećanjem ozračene površine barijere. Posle odredjene veličine ozračene površine, za specifičnu energiju i apsorber, registrovana doza u propuštenom snopu ostaje konstantna, tj. postaje nezavisna od veličine ozračenog polja. Ova veličina (veličina zasićenja) zavisi od kvaliteta X-zračenja, prirode i debljine apsorbera.

Stepen slabljenja X-zračenja može se koristiti za proračune zaštitnih zaklona bez upotrebe faktora nagomilavanja u slučaju kad se merenja slabljenja obavljaju pod uslovima zasićenja.

U ovom radu odredjen je uticaj veličine ozračene površine barijere na tačnost merenja slabljenja X-zračenja kroz baritne ploče izradjene od 60% $BaSO_4$, 58,8% BaO, gustine 2,943 g/cm^3 čija je ruda dobijena iz rudnika "Bosna-Barit" V.Kladuša.

Rezultate merenja jačine doze zasićenja u funkciji dužine ivice baritne ploče prikazuje slika 1 na 200 kV, a slika 2 du žinu iste ivice u funkciji stepena slabljenja na 300 i 350 kV za baritni malter (60% $BaSO_4$, 58,8% BaO, gustine 2,943 g/cm^3).

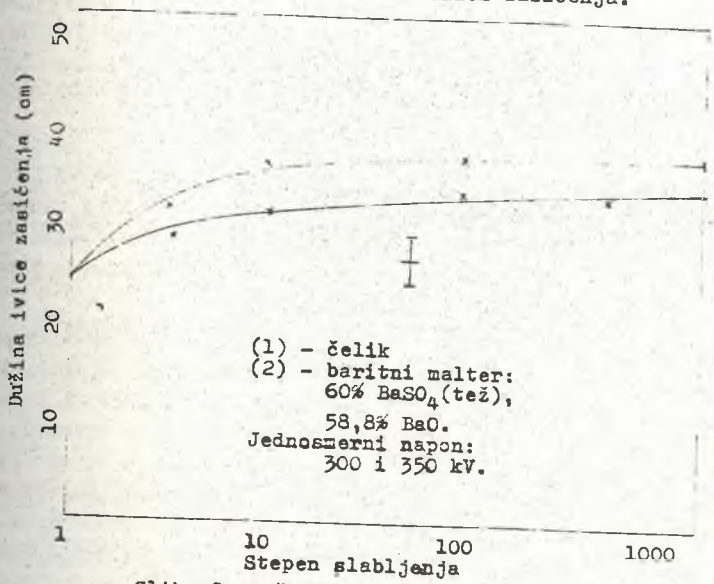


Slika 1. Jačina doze zasićenja u funkci ji dužine ivice baritne ploče za faktor slabljenja od 32 na 200 kV.

Jačina doze zasićenja merena je u sredini ozračene površi ne 5 cm. iza površine barijere. Rastojanje izmedju fokusa gene ratorske cevi i zadnje strane apsorbera iznosilo je 150 cm. Ve ličina ozračenog polja menjala se od 0 do 50 x 50 cm^2 zidom Pb cigli debljine 10 cm.

Dužina ivice zasićenja kvadratnog polja ploče odredjena je za ploču površine 50 x 50 cm^2 i nadjeno je da iznosi 38 cm. na 300 odnosno 350 kV. Matrica baritne ploče objavljena j u radu /3/. Površina polja zatim je povećana na 45 x 45 cm^2, pa je merenje slabljenja X-zračenja baritnim pločama obavljeno

pod takvim uslovima koristeći se geometrijom širokog snopa. Prilikom merenja propuštene radijacije kroz baritne ploče ustanovljeno je da se daljim povećanjem ozračene površine barit ne ploče jačina doze registrovane jonizacionom komorom ne menja, pa se ta veličina smatrala veličinom zasićenja.



Slika 2. Dužina ivice zasićenja (cm) u funkciji stepena slabljenja do 1000 na 300 i 350 kV.

INSTRUMENTACIJA

Kao izvor X-zračenja korišćen je Triplett-Barton rentgen generator od 400 kV, napajan jednosmernom strujom. Kod merenja slabljenja X-zračenja, osim inherentne filtracije, kvarcnog prozora, drugi filtri nisu korišćeni. Nagib antikatode u odnosu na elektronski snop ležao je pod uglom od 60°. Antikatoda bila je napravljena od mesinga.

Za merenje propuštenih i rasejanih X-zračenja korišćene su jonizacione komore VJ-15 od 40 cm^3 i 1 lt., zatim "Farmer" sa komorom od 40 cm^3 i Victoreen R-metar sa jonizacionim komorama MD-130 od 0,25 R, V=177 cm^3; MD-227 od 1 R, V=41 cm^3 za energetski opseg od 3-500 keV; MD-326 od 10 R za energetski opseg od 30 do 350 keV, V=6 cm^3 i MD-70-5, 131 i 154 od 25, 100 i 250 R za energetski opseg od 30 do 350 keV. R-metar je baždaren Ra standardom. Tačnost mernih instrumenata kretala se u intervalu ±10%.

ZAKLJUČAK

U ovom radu odredjena je dužina ivice zasićenja na baritnim pločama čija se matrica sastojala od 60% $BaSO_4$, 58,8% BaO, gustine 2,943 g/cm^3 vezana sa PC-350, za 300 i 350 kV i iznosi la je 38 cm. Povećanje doprinosa merenoj dozi sa povećanjem veličine ozračenog polja X-zracima javlja se zbog doprinosa Komptonovim rasejavanjem na baritnom malteru.

Kad je Komptonov prosec dominirajući modus doprinosu slabljenja, stepen slabljenja po jedinici debljine pod uslovima širokog snopa je manji nego kod uskog snopa. Ovo povećanje penetracije javlja se zbog toga što je Komptonov proces ustvari proces rasejavanja degradiranjem energije fotona, a ne proces apsorpcije, te neki od rasejanih fotona ultimativno penetriraju baritni malter i dosežu do jonizacione komore. Slabljenje Komptonovim procesom zavisi od težine apsorbera po jedinici po vršine.

LITERATURA

1. Vornorm DIN 6845: Prüfung von Strahlenschutzstoffen für Röntgen-und Gammastrahlung. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin und Köln, 1967.
2. Göttel, K.: Messungen des Schwächungsgrades nach DIN 6845. Laborbericht, Institut für Strahlenschutz der GSF, 1968.
3. Doktorska disertacija, V.Joksimović, Niš, 1975.
4. DIN 6814, Blatt 2: Begriffe und Benennungen in der radiologische Technik, Strahlenpysik. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin und Köln, 1970.

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac 29,30,31.05. i 01.06.1979.god.

Dj.Ristić*, S.Tiosavljević*, P.Marković**
* Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja
**Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja
Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet,
Kragujevac

ODREDJIVANJE ZAŠTITNOG SVOJSTVA BARITNOG BETONA, GUSTINE 3,60 g/cm^3, ZA X ZRAČENJA DO 200 kV

Apstrakt

U radu su prikazani rezultati teorijskog odredjivanja masenog koeficijenta slabljenja i eksperimentalnog odredjivanja linearnog koeficijenta slabljenja, faktora slabljenja, faktora nagomilavanja i poludebljina baritnog betona, gustine 3,60 g/cm^3, za energije X zračenja do 200 kV.

1. UVOD

S obzirom da najveći doprinos izlaganju ljudi jonizujućim zračenjima čine izvori elektromagnetnih zračenja energije do nekoliko stotina keV, jer imaju najširu upotrebu u medicini i industriji, veoma je značajno nalaženje pogodnih materijala za efikasnu ekranizaciju u zaštiti od ovih zračenja.

U Laboratoriji za zaštitu od zračenja Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča, već nekoliko godina se istražuje baritni beton, kao materijal za ekranizaciju u zaštiti od jonizujućih zračenja. Izradjen je baritni beton po sops-

tvenoj recepturi, sa baritnim agregatom iz rudnika barita "Bosnabarit" - Velika Kladuša. Dosadašnja istraživanja zaštitnog svojstva ovog baritnog betona dala su rezultate za oblast energije elektromagnetnih zračenja od 300 keV do 3000 keV.

U ovom radu ćemo prikazati odredjivanje veličina i parametara koji čine zaštitno svojstvo baritnog betona i prikazati dobijanje rezultata za X zračenja energije od 50 kV do 200 kV.

2. TEORIJSKO I EKSPERIMENTALNO ODREDJIVANJE

Odredjivanje veličina i parametara kao što su koeficijenti slabljenja, μ, polu debljina, $d_{1/2}$, faktor slabljenja, F, i faktor nagomilavanja, B, je moguće teorijski - proračunom i eksperimentalno.

U ovom radu prikazaćemo samo jedan od mogućih načina teorijskog odredjivanja koeficijenta slabljenja. Teorijsko odredjivanje faktora nagomilavanja i slabljenja biće prikazano u posebnom radu. Biće prikazano, takodje, eksperimentalno odredjivanje koeficijenta slabljenja, faktora nagomilavanja, faktora slabljenja i polu debljina.

2.1. Teorijsko odredjivanje masenog koeficijenta slabljenja

Izračunavanje masenog koeficijenta slabljenja. Koeficijenat slabljenja zavisi od efektivnog radnog broja ispitivanog materijala, Zeff, kao i od energije X zračenja.

Odredjivanje koeficijenta slabljenja za elementarne materijale kao što su: Al, Fe, Pb itd., ne predstavlja veliku teškoću. Medjutim, odredjivanje iste veličine za zaštitne materijale koji predstavljaju smešu hemijskih elemenata ili jedinjenja, je složeniji proces.

Koeficijent slabljenja X zračenja za složen materijal, kao što je baritni beton, izračunava se na bazi koeficijenata slabljenja za sve elemente koji ulaze u njegov sastav. Upravo totalni koeficijent slabljenja jednak je zbiru koeficijenata

slabljenja za pojedine komponente pomnoženih sa iznosom težinskog učešća (izraženog u %) komponente u smeši. Kao komponente smeše koje sačinjavaju baritni beton uzeti su svi hemijski elementi dobijeni elementarnom hemijskom analizom prikazanoj u tabeli 1. Ukupni maseni koeficijent se izražava sledećom formulom:

$$(\mu/\rho) = \sum_{i=1}^{n} P_i (\mu/\rho)_i \cdot \frac{1}{100}$$

gde je (μ/ρ) - maseni koeficijent slabljenja X zračenja za posmatrani materijal koji predstavlja smešu hemijskih elemenata - cm^2/g;

$(\mu/\rho)_i$ - maseni koeficijent slabljenja X zračenja za i-tu komponentu u smeši;

P_i - težinski deo, izražen u %, sa kojim i-ta komponenta učestvuje u smeši;

n - ukupan broj komponenata u smeši.

Na osnovu podataka iz tabele 1. i podataka o parcijalnim koeficijentima slabljenja za pojedine komponente našeg baritnog betona (tabela 2) izračunati su maseni koeficijenti slabljenja X zračenja. Njihove numeričke vrednosti prikazane su u tabeli 3.

Tabela 1. Hemijski sastav baritnog betona gustina 3,60 g/cm^3 i cementa gustine 2,50 g/cm^3

Hemijski elemenat	Baritni beton	Cement
Si	2,26 %	14,30 %
Pe	1,80	1,75
Al	0,54	3,20
Ba	48,18	1,75
S	11,37	0,95
Mg	0,23	1,80
Ca	2,55	33,20
Na	0,02	0,20
O	31,38	41,20
H	0,64	0,65
K	0,88	0,90

Tabela 2. Maseni koeficijenti slabljenja za elemente koji ulaze u sastav baritnog betona gustine 3,60 ρ/cm^3

Energija kV	Maseni koeficijenat slabljenja μ/ρ|1 cm^2/g|										
	H	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Ba
100	0,365	0,174	0,221	0,226	0,240	0,305	0,365	0,540	0,480	0,965	6,800
150	0,320	0,157	0,151	0,168	0,186	0,179	0,220	0,227	0,290	0,424	2,88
200	0,280	0,144	0,131	0,156	0,159	0,166	0,191	0,200	0,200	0,205	1,520

Tabela 3. Ukupni maseni koeficijenat slabljenja μ/ρ\|cm^2/g\| baritnog betona gustine 3,60 g/cm^3 i baritnog maltera gustine 2,94 g/cm^3

Materijal	Energija X zračenja, kV		
	100	150	200
Baritni beton	3,417	1,485	0,743
Baritni malter	0,794	0,327	0,204

Na tabeli 3, takodje su, poredjenja radi, dati podaci za koeficijente slabljenja za baritni malter gustine 2,94 g/cm^3, za koje su podaci uzeti iz literature.

2.2. Eksperimentalna odredjivanja

Za eksperimentalno odredjivanje linearnog koeficijenta slabljenja μ, faktora nagomilavanja B, i faktora slabljenja F, korišćena je metoda prikazana i diskutovana u radu /16/.

Kao izvor X zračenja korišćen je Rendgen aparat tipa PICKER-ANDREX, 200 kV-8mA, veličina žiže 2,3 x 2,3 mm. Nagib anti katode u odnosu na elektronski snop iznosio je 60°. Rendgen aparat je napajan jednosmernim naponom. Prilikom izvršenih merenja osim inherentne filtracije, kvarcnog prozora, drugi filtri nisu korišćeni.

Korišćeni su uzorci baritnog betona površina 500x500 mm i debljina 1, 2, 3 i 5 cm.

Za merenja u uskoj geometriji presek snopa X zračenja iznosio je 100x100 mm, a za merenja u širokoj geometriji presek snopa X zračenja iznosio je 450x450 mm. Važno je napomenuti da su već pri veličini preseka širokog snopa zračenja, odnosno veličini površine uzorka 400x400 mm postignute jačine izlaganja zasićenja.

Za merenja je korišćen instrument tipa VA-J-15A sa jonizacionom komorom zapremine 1,51 litar. Zidovi komore su izradjeni od vazduhu ekvivalentnog materijala. Komorom se mogu meriti elektromagnetna zračenja energija od 20-3000 keV sa greškom ±20% od pune skale pokazivanja. U toku merenja detektor instrumenta je štićen sa strane i odpozadi olovom debljine 50 mm.

Odredjivanje linearnog koeficijenta slabljenja, μ. Za odredjivanje linearnog koeficijenta slabljenja korišćena je eksperimentalno dobijena kriva slabljenja uskog snopa X zračenja prikazana na sl. 1. Dobijeni numerički podaci za masene i linearne koeficijente slabljenja dati su u tabelama 4. i 5. Na ta-

beli 4 prikazani su, takodje, i podaci, poredjenja radi, dobijeni proračunom.

Tabela 4. Maseni koeficijenti slabljenja $\mu|cm^2/g|$baritnog betona gustine 3,60 g/cm^3, dobijeni eksperimentalno i proračunom

Način dobijanja	Energija X zračenja, kV 100	150	200
eksperimentalno	3,356	1,240	0,698
proračunom	3,417	1,485	0,743

Tabela 5. Linearni koeficijenti slabljenja $\mu|cm^{-1}|$ i odgovarajuće poludebljine $d_{1/2}|cm|$, baritnog betona gustine 3,60 g/cm^3, dobijeni eksperimentalno

Veličina odnosno parametar	Energija X zračenja, kV 100	150	200
μ	12,080	4,460	2,513
$d_{1/2}$	0,058	0,155	0,275

Odredjivanje poludebljina, $d_{1/2}$. Eksperimentalno dobijeni numerički podaci za linearne koeficijente slabljenja za baritni beton iskorišćeni su za proračun odgovarajućih poludebljina, koristeći relaciju:

$$d_{1/2} = \frac{0,693}{\mu}$$

Dobijene vrednosti za polu debljine prikazane su na tabeli 5.

Krive slabljenja X zračenja za napone niže od 100 kV nismo mogli da dobijemo, jer je samo debljina uzorka od 1 cm slabila snop zračenja do fona u prostoriji.

Krive slabljenja u uskom snopu X zračenja u semilogaritamskoj podeli bi trebale da budu prave. Medjutim, naši rezultati pokazuju da su to krive. Odstupanje krivih od eksponencijalnog zakona dešavalo se pod uticajem dva činilaca, i to:

- zbog diferencijalne filtracije polihromatskog snopa zračenja i
- zbog promene doprinosa rasejanog zračenja kada se menja debljina uzorka baritnih ploča.

Naime, snop X zračenja koji je korišćen, prolazio je kroz kvarcni prozor rentgenske cevi. Ovaj prozor kao inherentna filtracija efikasno je uklanjao mekše komponente X zračenja, tako da je snop dosta dobro bio oslobodjen slabije radijacije, ali niukom slučaju nije bio monohromatski. Dodatna filtracija nije korišćena radi monohromatizacije primarnog snopa. Zbog toga pri prolasku kroz baritni malter "mekše" komponente X zračenja jače su se slabile od "tvrdjih", menjajući na taj način spektralnu i energetsku raspodelu snopa, što je i uslovilo odstupanje od eksponencijalnog ponašanja.Pri svakom narednom dodavanju baritnih ploča,preostali snop X zračenja postajao je "tvrdji".

Odredjivanje faktora nagomilavanja. Faktor nagomilavanja je odredjen korišćenjem rezultata merenja prikazanih u tabeli 6.

Tabela 6. Jačine izlaganja izmerene iza uzoraka od baritnog betona raznih debljina u uskom, $\dot{X}_e$, i širokom snopu $\dot{X}_1$, i odgovarajući faktori nagomilavanja B.

Energija X zračenja u kV	Debljina uzorka u cm	Jačina izlaganja u mR/h $\dot{X}_e$	$\dot{X}_1$	Faktor nagomilavanja B
100	1	0,45	4,00	8,88
150	4	0,22	1,75	7,96
200	3	91	780	8,57

Dobijeni rezultati za faktore nagomilavanja prikazani su, takodje,u tabeli 6.

Odredjivanje faktora slabljenja. Za odredjivanje faktora slabljenja korišćeni su eksperimentalni rezultati slabljenja širokog snopa X zračenja posle prolaska kroz uzorke baritnog betona različitih debljina.Dobijeni rezultati faktora slabljenja prikazani su na sl. 2.

Podatke za veličine i parametre koje smo prikazali u ovom radu poredili smo sa literaturnim podacima. Napominjemo da je malo literaturnih podataka koji se odnose na zaštitna svojstva baritnih betona za energije X zračenja do 400 kV. Poredjenja sa literaturnim podacima pokazala su da su naši podaci saglasni literaturnim podacima, uzimajući u obzir činjenice da snop X zračenja korišćen u ovim istraživanjima nije bio filtriran dodatnom filtracijom i da je gustina, odnosno efektivan redni broj istraživanog baritnog betona znatan.

ZAKLJUČAK

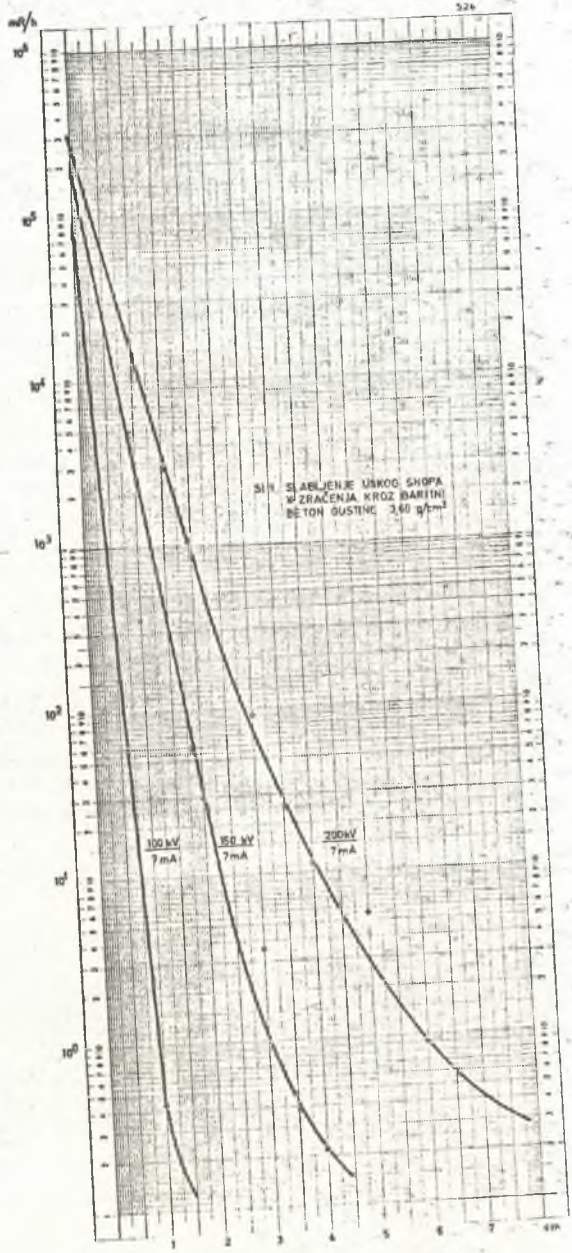
Podaci prikazani u ovom radu su neobično važni za proračun zaštite od X zračenja, koja potiču od rendgen aparata i radioaktivnih izotopa, s obzirom da se ovi izvori zračenja u velikom broju i svakodnevno koriste u medicini i industriji i što tradicionalno korišćeno olovo za zaštitu ima mnoge nedostatke, kao gradjevinski materijal. Baritni beton kao gradjevinski materijal za ektranizaciju u zaštiti od zračenja ima mnoge prednosti nad ostalim materijalima. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja u našoj Laboratoriji možemo tvrditi da vrsta baritnog betona, koja je predmet našeg istraživanja, prema fizičko-mehaničkim i zaštitnom svojstvu, predstavlja izvanredan materijal za zaštitu od X zračenja kod izgradnje objekata u kojima se koriste izvori ovakvih zračenja.

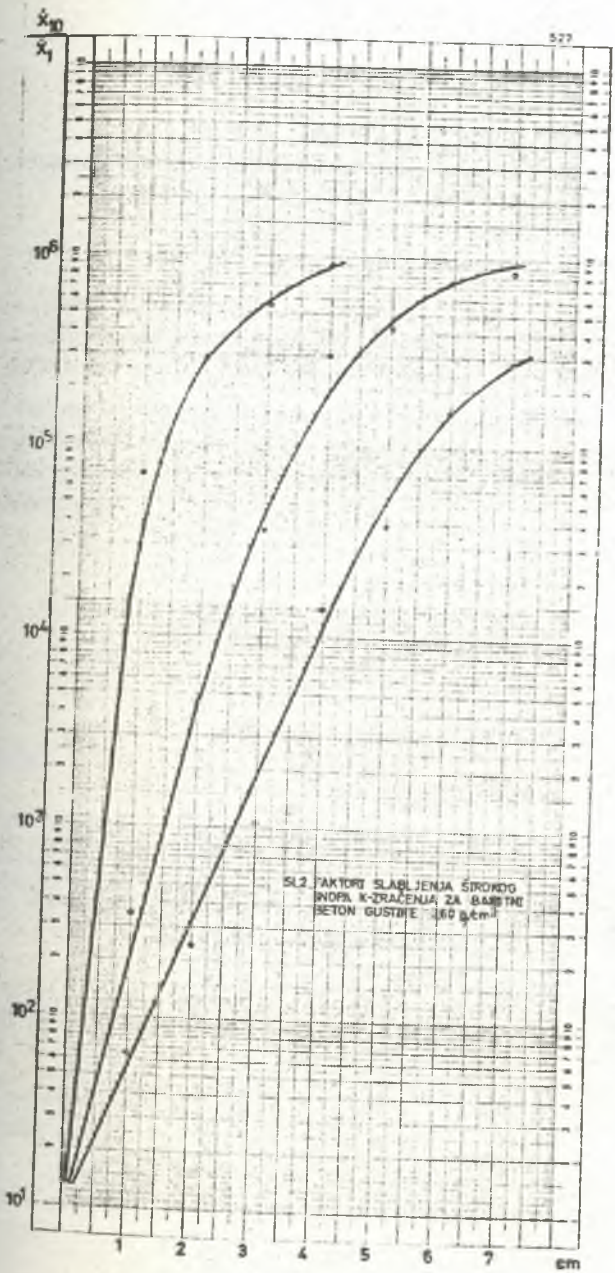
PROTECTIVE PROPERTIES FOR BARYTE CONERETE OF DEKSITY 3,60 g/cm^3 FOR 200 kV X-RAYS

This paper gives the theoretically determined mass attenuation coefficients for baryte concrete of density 3,60 g/cm^3. In addition, linear asorption coefficients, buildup factors, attenuation factors, and half-value layers for X-rays of energies up to 200 kV are determined experimentally.

Literatura

1. Wyckoff H.O., Kennedy R.J., and Bradford W.R. Broad and nerrow beam attenuation of 500 to 1400-kV. X-rays in lead and concrete. NBS, Vol 51, Dec. 1948.
2. Miller W., and Kennedy R.J.: X-ray attenuation in lead, aluminium and concrete in the range 275 to 525-kV p. Radiology 65, 1955.
3. Trout E.D., Kelley J.R., and Locas A.C.: Broad beam attenuation im concrete for 50 to 300 kV X-ray and in lead for 300-kVp X-rays. Radiology, 72: 62-66, Jan. (1959).
4. Hallock H.L., Feldman A., and Morkovina D.: Barium Plaster as a barrier to X-ray generated at 100 kVp and at 150 kVp. Radiology 74, 1960, pp.111-112.
5. Foster B.E.: Attenuation of X-rays and gamma rays in concrete. Materials Research and Standards, March (1968), pp.19-24.
6. Radiological health hadbook, Revized Edition 1970., For Sale by the Superintedent of Documents, U.S. Goverment Printing Office Wachington, D.C. 20402.
7. Annales de l´Institut technikue du batiment et des traveaux publicis (1961) 165-F.Dubois: Etude et mise en oeuvre des betons de proteciton.
8. S.V. Rumjancev: Radijacionaja defektoskopija, Atomizdat, 1978.
9. Dj.Ristić, Apsorpciono-zaštitna svojstva baritnog betona, Magistarski rad, Zagreb, 1974.
10. Dj.Ristić, S.Vuković, Izrada uzorka od baritnog betona i rezultati ispitivanja njegovog kvaliteta,VIII simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Herceg Novi, 1975.
11. Dj.Ristić, M.Ninković, Teorijsko i eksperimentalno odredjivanje koeficijenta slabljenja za baritni beton, Herceg Novi,1975.
12. Dj.Ristić, M.Ninković, Ray Attenuation Coefficient for Baryt Concrete, Health Physics, Vol. 31 (Sept.) 1976.
13. V.Joksimović, Teorijska i eksperimentalna analiza optimalne zaštite od X-zračenja pri upotrebi $BaSO_4$ maltera, Doktorska disertaicja, Niš, 1975.
14. E.Dale Trout at all. X-Ray Attenuation in Steel-50 to 300 kVp, Vol.29 (July) 1975.
15. J.M.Légaré et all., Blindage contre les grands champs de rayons X primaires et diffusés des appareils triphasés au moyen de panneaux de verre, de gypse et de plomb acustique, Radioprotection, Vol. 13, N°2, 1977.
16. Dj.Ristić, P.Marković, "Metoda eksperimentalnog odredjivanja zaštitnih svojstava materijala koji se koriste za zaštitu od X-zračenja",X simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac, 1979.


mR/h
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
SL 9 SLABLJENJE USKOG SNOPA
γ ZRAČENJA KROZ BARITNI
BETON GUSTINE 3,60 g/cm³
100 kV
7 mA
150 kV
7 mA
200 kV
7 mA
1
2
3
4
5
6
7
cm



SL.2 FAKTORI SLABLJENJA ŠIROKOG INDPA X-ZRAČENJA ZA BARITNI BETON GUSTINE 3,60 g/cm³

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Arandjelovac 29,30,31.05. i 01.06.1979.god.

Dj.Ristić*, P.Marković**
*Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča,
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja
**Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča,
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja
Institut za fiziku,Prirodno-matematički fakultet
-Kragujevac

METODA EKSPERIMENTALNOG ODREDJIVANJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA MATERIJALA KOJI SE KORISTE ZA ZAŠTITU OD X ZRAČENJA

Abstrakt

U radu je razmatran značaj podataka o zaštitnim svojstvima materijala koji se koriste za ekranizaciju u zaštiti od X zračenja. Izneti su problemi na koje se nailazi pri eksperimentalnom odredjivanju zaštitnih svojstava materijala. Prikazana je kompletna metoda odredjivanja zaštitnih svojstava materijala sa mnogim podacim dobijenim kao rezultat našeg iskustva ili iz literature.

1. UVOD

Zaštita od X zračenja upotrebom materijala za ekranizaciju ne može se ostvariti bez podataka o zaštitnim svojstvima tih materijala.

Zaštitna svojstva materijala se mogu odrediti na dva načina: teoriski, odnosno proračunom i eksperimentalno. Podaci

o zaštitnim svojstvima materijala koji se nalaze u literaturi rezultata su korišćenja i jedne i druge metode. Za izvesne energije X zračenja eksperimentalni podaci su od primarne važnosti, jer su teoriski proračuni veoma složeni i nepouzdani, zbog preklapanja procesa interakcije i nedovoljnog poznavanja odnosa njihovog učešća.

Baveći se eksperimentalnim odredjivanjem zaštitnih svojstava baritnog betona i drugih materijala koji se koriste za ekranizaciju u zaštiti od jonizujućih zračenja ustanovili smo da se u literaturi uglavnom daju konačni rezultati ovakvih ispitivanja, a da je veoma malo podataka o načinu i uslovima merenja i odredjivanja. Nema kompletnih podataka o mernom sklopu odnosno o zahtevima koji se odnose na:

- izvor zračenja i snop zračenja,
- uzorke ispitivanih materijala,
- instrumente za merenja,
- prostorni raspored elemenata sklopa i
- ambijent u kome se nalazi merni sklop.

U ovom radu je data metoda i na celovit način prikazani standardizovani postupci za dobijanje i prikazivanje veličina i parametara koji odredjuju zaštitna svojstva materijala. Detalji metode i postupka su delimično proizišli iz našeg rada na ovom problemu a delimično su adaptirani literaturni podaci.

2. ODREDJIVANJE ZAŠTITNIH SVOJSTAVA

2.1. Zaštitna svojstva materijala

Zaštitna svojstva materijala koji se koriste za ekranizaciju u zaštiti od X zračenja su odredjena sledećim veličinama i parametrima:

- faktor slabljenja
- koeficijent slabljenja
- faktor nagomilavanja
- ekvivalent slabljenja
- Pb ekvivalent i
- nehomogenost

2.2. Merenja jačina izlaganja i odredjivanje potrebnih veličina

Za odredjivanje zaštitnih svojstava neophodna su merenja jačina izlaganja X zračenja kako je prikazano u Tabeli I, gde su prikazana, označena sa znakom +, potrebna merenja za dobijanje pojedinih veličina i parametara.

Tabela I.

Veličine i parametri	Oznaka	Jačina izlaganja						
		$\dot{X}_1$	$\dot{X}_{10}$	$\dot{X}_e$	$\dot{X}_{eo}$	$\dot{X}_c$	$\dot{X}_d$	$\dot{X}_s$
Faktor slabljenja	F	+	+			+	+	+
Koeficijent slabljenja	μ_x		+	+		+	+	+
Faktor nagomilavanja	B	+		+		+	+	+
Ekvivalent slabljenja	δ				+			
Pb ekvivalent	δ_{Pb}				+			
Nehomogenost	V				+			

Jačine izlaganja $\dot{X}_1$, $\dot{X}_{10}$, $\dot{X}_e$, $\dot{X}_{eo}$, $\dot{X}_c$, $\dot{X}_d$, $\dot{X}_s$ predstavljaju vrednosti izmerenih jačina izlaganja u odgovarajućim mernim tačkama mernih sklopova, kao što je prikazano na sl.1 i sl.2, tj.:

- $\dot{X}_1$ je jačina izlaganja u oslabljenom širokom snopu X zračenja,
- $\dot{X}_{10}$ je jačina izlaganja u neoslabljenom širokom snopu X zračenja,
- $\dot{X}_{100}$ je jačina izlaganja u oslabljenom širokom snopu X zračenja, merena na 100 cm od zadnje strane uzorka ispitivanog materijala,
- $\dot{X}_e$ je jačina izlaganja u oslabljenom uskom snopu X zračenja,
- $\dot{X}_{eo}$ je jačina izlaganja u neoslabljenom uskom snopu X zračenja,
- $\dot{X}_c$ je jačina izlaganja u osi snopa širokog zračenja, merena izmedju sistema kolimacije snopa zračenja i

uzorka ispitivanog materijala,

- $\dot{X}_d$ je jačina izlaganja izvan širokog snopa X zračenja, koja se javlja oko sistema kolimacije snopa zračenja, merena na istom rastojanju kao $\dot{X}_c$, i

- $\dot{X}_s$ je jačina izlaganja van širokog snopa X zračenja, koja se javlja iza sistema zaštite u ravni uzorka ispitivanog materijala, merena na istom rastojanju kao $\dot{X}_{100}$.

Pored merenja jačina izlaganja, za odredjivanje zaštitnih svojstava potrebno je odrediti i izvesne veličine kako je prikazano na tabeli II.

Tabela II.

Veličine i parametri	Oznaka	Veličina				
		c	a	A	d	w
Faktor slabljenja	F					+
Koeficijent slabljenja	x	+	+	+	+	+
Faktor nagomilavanja	B	+	+	+		+
Koeficijenat slabljenja	δ					+
Pb ekvivalent	δ_{Pb}					+
Nehomogenost	V					+

c je faktor korekcije zbog razlike u rastojanjima od merne tačke od izvora zračenja.

c se odredjuje formulom

$$c = \left(\frac{1500+a}{1550}\right)^2$$

a je rastojanje od ispitivanog materijala do merne tačke u centru uskog snopa zračenja kao je prikazano na slici 2. i odredjuje se formulom

$$a = d\sqrt{A}$$

gde je d debljina zaštitnog olovnog zida postavljenog izmedju uzorka ispitivanog materijala i merne tačke - detektor.

A je presek snopa zračenja koji pada na uzorak ispitivanog materijala, kako je to prikazano na sl.2.

d je debljina uzorka ispitivanog materijala

w je rastojanje izmedju merne tačke i susednog objekta ili zida prostorije, kako je to prikazano na sl.1.

2.3. Merni sklopovi i uslovi merenja

Za merenja u širokom snopu zračenja koristi se snop prikazan na sl.1. Za vreme merenja potrebno je postići uslove:

$$\dot{X}_d \leq 0{,}05\ \dot{X}_c \quad \text{i}$$

$$\dot{X}_s \leq 0{,}01\ \dot{X}_{100}$$

Položaj detektora instrumenta za merenje odnosno merna tačka treba da je udaljena 50 mm od zadnje strane uzorka ispitivanog materijala (gledano iz izvora zračenja).

Za merenja u uskom snopu zračenja koristi se sklop prikazan na sl.2. Pri odredjivanju nehomogenosti materijala potrebno je postići uslov da dijametar uskog snopa zračenja ne prelazi 10 mm, na zadnjoj strani uzorka ispitivanog materijala (gledano iz izvora zračenja). Osim ovoga predmeti i zidovi iz okoline mernog sklopa trebaju biti udaljeni najmanje 2 m.

Instrument za merenje jačina izlaganja treba da, pored ostalog, zadovolji sledeće uslove:

- da je njegovo pokazivanje zanemarljivo malo zavisno od upadnog pravca zračenja za polusferu od 180°,
- da zavisnost pokazivanja od energije zračenja u opsegu 40 keV do 3 MeV-a ne prelazi ±20% i
- da dijametar i dužina osetljive zapremine detektora ne prelaze 100 mm.

Dijametar osetljive zapremine detektora instrumenta koji se koristi za odredjivanje homogenosti uzorka ispitivanog mate-

rijala treba da bude takav da se postigne njegovo potpuno prekrivanje snopom zračenja, čiji dijametar, kao što smo ranije spomenuli, ne prelazi 10 mm.

Za merenja u širokom snopu zračenja površine uzoraka ispitivanih materijala ne trebaju da budu manji od 500 x 500 mm.

Za merenja u uskom snopu zračenja površine uzoraka ispitivanih materijala ne treba da budu manje od 100 x 100 mm.

Različite debljine uzoraka materijala čija se zaštitna svojstva odredjuju mogu se dobiti slaganjem slojeva istih ili različitih debljina.

2.4. Odredjivanje veličina i parametara

F a k t o r s l a b l j e n j a. Faktor slabljenja, F, se odredjuje pomoću formule:

$$F = \frac{\dot{X}_{10}}{\dot{X}_1}$$

Za odredjivanje faktora slabljenja mere se jačine izlaganja u osi snopa zračenja bez prisustva uzorka ispitivanog materijala - $\dot{X}_{10}$ i jačine izlaganja u osi snopa iza uzorka ispitivanog materijala različitih debljina - $\dot{X}_1$.

K o e f i c i j e n a t s l a b l j e n j a. Koeficijenat slabljenja, μ_x, odredjuju se pomoću formule:

$$\mu_x = \frac{1}{d} \ln \frac{\dot{X}_{eo}}{c\dot{X}e}$$

F a k t o r n a g o m i l a v a n j a. Faktor nagomilavanja, B, odredjuje se pomoću formule:

$$B = \frac{\dot{X}_1}{c\dot{X}e}$$

E k v i v a l e n t s l a b l j e n j a. Ekvivalent slabljenja, δ, se odredjuje merenje $\dot{X}_e$ za materijal koji se ispituje i poredjenjem sa debljinama referentnog materijala koje daju iste vrednosti.

Ekvivalent slabljenja se izražava u debljinama referentnog materijala u jedinicama dužine zajedno sa hemijskim simbolom ili drugim indentifikacijama referentnog materijala.

Pb e k v i v a l e n t. Pb ekvivalent, δ_{Pb}, se odredjuje i daje, na način predhodno opisan, kad imamo olovo kao referentni materijal.

Homogenost materijala se odredjuje pomoću izmerene vrednosti $\dot{X}_e$, dobijene na površini uzorka, ispitivanog materijala, pod ranije iznetim uslovima merenja, i odgovarajućih vrednosti ekvivalenata slabljenja, δ_i.

Prema veličini uzorka ispitivanog materijala vrednosti se odredjuju:

- u po pet do deset reprezentativnih tačaka ili
- kontinuirano u reprezentativnim pravcima po površini uzorka ispitivanog materijala.

N e h o m o g e n o s t, V, zaštitnog materijala se odredjuje kao najveće odstupanje pojedinačne vrednosti ekvivalenta slabljenja δ_i, od srednje vrednosti ekvivalenta slabljenja $\bar{\delta}$:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \delta_i$$

$$V = |\bar{\delta} - \delta_i|$$

Nehomogenost se daje zajedno sa ekvivalentom slabljenja kao plus - minus a u istim jedinicama kao i ekvivalent slabljenja.

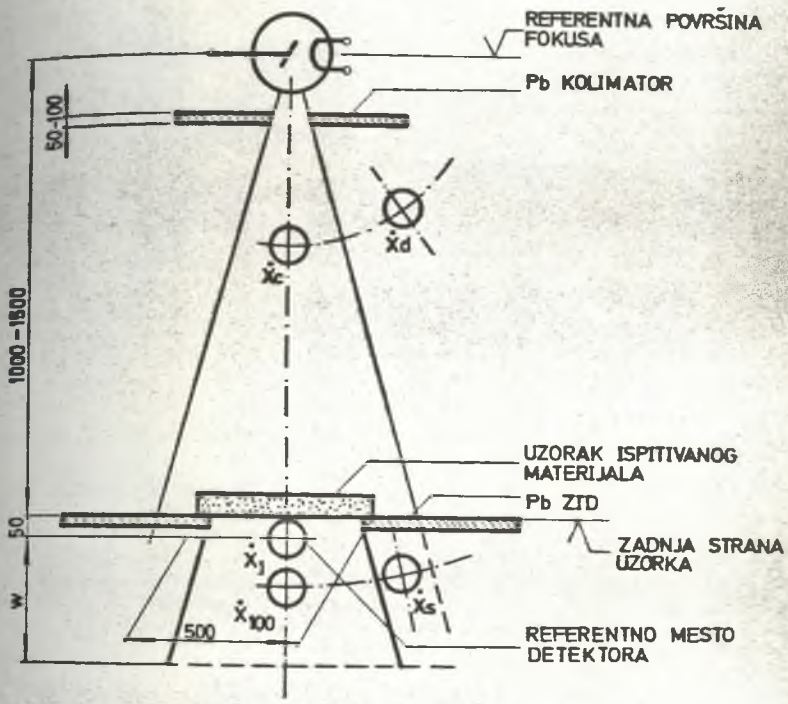
Uz sve predhodne veličine i parametre daje se kvalitet zračenja, izražen pomoću razlike potencijala rendgenske cevi, i totalna filtracija. Totalna filtracija je zbir inherentne i dodatne filtracije. Dodatna filtracija zavisi od inherentne filtracije i energije X zračenja. U nekim slučajevima dodatna filtracija dostiže vrednost 3 mm Cu ili 16 mm Al za X zračenja energije do 400 kV.

Abstract

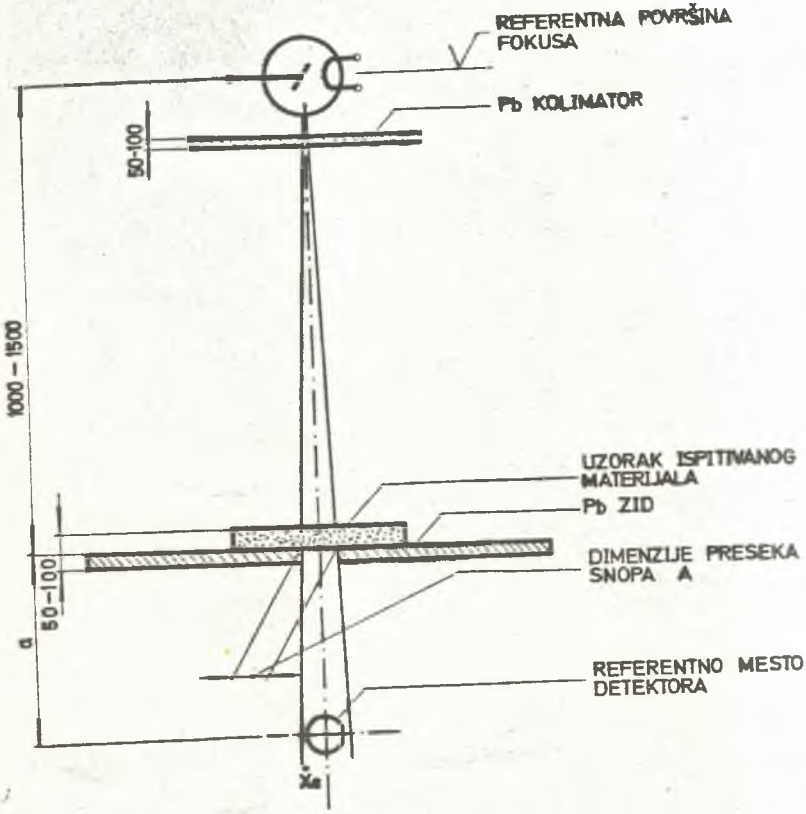
In this paper the importance of the date on protective properties of different materials used for ecranization against X-rays is disscussed. Problems are considered which one encounters in experimental determination of these propreties. A complete procedure is given for determination of the protective propreties of materials, together with a set of data obtained in our own work as well as from literature.

Literatura

1. Wyckoff H.O., Kennedy R.J., and Bradford W.R. Broad and nerrow beam attenuation of 500 to 1400-kV. X-rays in lead and concrete. NBS,Vol 51,Dec.1948.
2. Miller W., and Kennedy R.J.: X-ray attenuati on in lead,aluminium, and concrete in the range 275 to 525-kVp.Radiology 65,1955.
3. Trout E.D., Kelley J.R., and Lucas A.C.:Broad beam attenuation in concrete for 50 to 300 kV X-ray and in lead for 300-kVp X-rays. Radiology, 72:62-66, Jan. (1959).
4. Hallock H.L., Feldman A., and Morkovina D.: Barium plaster as a barrier to X-ray genera ted at 100 kVp and at 150 kVp.Radiology 74, 1960, pp.111-112.
5. Foster B.E.: Attenuation of X-rays and gamma rays in concrete. Materials Research and Standards, March (1968), pp.19-24.
6. DIN - 6845. Prüfung von Strahlenschutzstoffen für Röntgen-und Gamma-Strahlung, 1967.
7. Dj.Ristić, Apsorpciono-zaštitna svojstva baritnog betona,Magistarski rad, Zagreb, 1974.
8. Dj.Ristić, S.Vuković, Izrada uzoraka od baritnog betona i rezultati ispitivanja njegovog kvaliteta,VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Herceg Novi, 1975.
9. Dj.Ristić, M.Ninković, Teorijsko i eksperimentalno odredjivanje koeficijenta slabljenja za baritni beton, Herceg Novi,1975.
10. Dj.Ristić, M.Ninković, γ Ray Attenaution Coefficient for Baryt Concrete, Health Physics, Vol.31 (Sept.) 1976.
11. V.Joksimović, Teorijska i eksperimentalna analiza optimalne zaštite od X-zračenja pri upotrebi $BaSO_4$ maltera, Doktorska disertacija, Niš, 1975.
12. E.Dale Trout at all. X-Ray Attenuation in Steel-50 to 300 kVp, Vol.29 (July) 1975.
13. J.M.Légaré et all., Blindage contre les grands champs de rayons X primaires et diffusés des appareils triphasés au moyen de panneaux de verre, de gypse et de plomb acustique, Radioprotection, Vol.13, n°2, 1977.



Sl.1. GEOMETRIJA ŠIROKOG SNOPA



SL. 2. GEOMETRIJA USKOG SNOPA

X SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Arandjelovac, 29,30,31,V. i 1.VI.1979.godine

Vukčević M., Ninković M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča,Beograd
OOUR Laboratorija za zaštitu od zračenja

NOVE VREDNOSTI SPECIFIČNIH GAMA KONSTANTI ZA NAJČEŠĆE KORIŠĆENE RADIOIZOTOPE

Rezime: Specifična gama konstanta, kao jedna od osnovnih karakteristika radioizotopa, emitera gama zračenja, predstavlja veoma čest predmet interesovanja istraživača. Kako je ova veličina funkcija, sa jedne strane, energije i prinosa gama kvanta, koje u procesu raspada emituje radioaktivno jezgro, a sa druge strane, koeficijenata predaje energije u procesima interakcije sa konstituentima vazduha, to svaki napredak u poznavanju gama spektra i procesa interakcije zahteva preispitivanje postojećih vrednosti za gama konstante. Upravo rukovodjeni time, i predhodnim iskustvom u radu na ovoj problematici, izvršena je analiza i proračun novih vrednosti specifičnih gama konstanti za najčešće korišćene radioizotope, a na osnovu izučavanja najnovijih podataka za koeficijente predaje energije. Gama konstante za oko sekamdeset radioizotopa odredjene su sa granicama greške koje dopuštaju raspoloživi podaci, a koje značajno variraju od radioizotopa do radioizotopa. Izračunavanje je vršeno na računaru CDC-3600.

gama konstanta je jedna od najvažnijih karakteristika gama izvora i predstavlja ekspozicionu dozu od tačkastog gama izvora jedinične aktivnosti na jedinici rastojanja, u jedinici vremena.

Za njeno eksperimentalno odredjivanje potrebno je precizno merenje ekspozicione doze i svodjenje samoapsorpcije, rasipanja i refleksije snopa na minimum, jer sve te pojave dovode do deformacije gama spektra. S druge strane teorijsko odredjivanje gama konstrante predpostavlja poznavanje gama spektra izvora, i prenosa energije pri interakciji fotona sa elektronima, tj. masenog apsorpcionog koeficijenta energije. Kako se ove veličine sve preciznije mere i izračunavaju, to se i gama kostanta može sve preciznije odrediti.

U ovom radu su, sa novim podacima, izračunate gama konstante za oko sedamdeset radioizotopa, najčešće korišćenih u praksi. Računate su po formuli

$$\Gamma = 19{,}53 \sum_i \left(\frac{\mu m}{\rho}\right)_i Pi\ Ri \quad \left|\frac{R\ m^2}{h\ Ci}\right|$$

gde je E izražena u |MeV| a $\frac{\mu m}{\rho}$ u $\left|\frac{cm^2}{gr}\right|$

Namera je bila da se vidi koliko ti najnoviji podaci, menjaju dosadašnje vrednosti specifičnih gama konstanti. Podaci za gama spektre, prinosi i energije linija, uzeti su iz "ATOMIC DATA and NUCLEAR DATA TABLES". Volume B, Nos. 2-3, February 1974.

Vrednosti masenog apsorpcionog koeficijenta, za energije, svih linija, odredjene su interpolacijom po podacima koje je dao J.A. Hubbezz (1).

Uporedimo vrednosti za maseni absorpcioni koeficijent energije iz 1966 i 1977. godine.

TABELA 1.

MASENI ABSORPCIONI KOEFIVIJENT ENERGIJE $\frac{\mu m}{\rho}$ $\left|\frac{m^2}{kg}\right|$

E	iz 1977.g.	iz 1966.g.	%
10	4,698-1	4,61-1	0,8
15	1,304-1	1,27-1	2,6
20	5,266-2	5,11-2	3
30	1,504-2	1,48-2	1,6
40	6,706-3	6,68-3	0,4
50	4,038-3	4,06-3	0,5
60	3,008-3	3,05-3	1,4
80	2,394-3	2,43-3	1,5
100	2,319-3	2,34-3	0,5
150	2,494-3	2,50-3	0,2
200	2,672-3	2,68-3	0,3
300	2,872-3	2,87-3	0,1
400	2,949-3	2,95-3	~ 0
500	2,966-3	2,96-3	0,2
600	2,952-3	2,95-3	0,1
800	2,882-3	2,89-3	0,3
1000	2,787-3	2,78-3	0,3
1500	2,545-3	2,54-3	0,2
2000	2,342-3	2,34-3	0,1
3000	2,055-3	2,05-3	0,2

Do energije od 100 KeV, razlikuju se za oko 1-2%, dok je za veće energije slaganje bolje.

Podaci za gama spektre su zbog upotrebe poluprovodničkih detektora, sa visokom rezolucijom sada mnogo tačniji. Medjutim mnoge od tih linija u gama spektrima radioizotopa ne dovode do značajne promene vrednosti specifičnih gama kostanti, jer su ili prinosi tih linija mali,

ili su linje blizu jedna drugoj, pa je i starija aproksimacija bila dovoljna.

Još jedan faktor utiče na vrednost gama konstante. To je faktor konverzije apsorbovane u ekspozicionu dozu. Od autora do autora njegova vrednost, se razlikuje do 1%. Mi smo koristili vrednost 0,869 R/rad, koja odgovara srednjoj energiji po jonskom paru i vazduhu, od 33,7 eV. Uporedjujući sva ova odstupanja i promene vrednosti gama konstanti, vidi se da su se vrednosti ustalile i da tačnost u izračunavanju gama konstanti premašuje tačnost u merenju ekspozicionih doza.

Medjutim stari problem i dalje ostaje. Gama spektar i gama konstanta idealnog tačkastog izvora se razlikuju od realnog izvora, kapsuliranog i smeštenog u zaštitni kontejner, sa svim efektima samoapsorpcije, rasipanja i refleksije.

TABELA 2.

SPECIFIČNE GAMA KONSTANTE $\left|\frac{Rm^2}{hCi}\right|$

Na 22	1.194	In 113m	0.144
Na 24	1.835	I 123	0.0868
K 42	0.137	Sb 124	0.928
Ca 47	0.556	I 125	0.00454
Cr 51	0.018	I 131	0.213
Mn 52	1.665	I 132	1.192
Mn 54	0.467	I 133	0.346
Co 58	0.457	Xe 133	0.0153
Fe 59	0.624	Cs 134	0.893
Co 60	1.299	I 135	0.839
Zn 65	0.301	Xe 135	0.136
Ga 67	0.0711	Cs 137	0.327
Zn 72	0.114	Ba 137m	
Se 75	0.193	Ba 140	0.164
Br 82	1.468	La 140	1.195
Kr 85	0.0128	Ce 141	0.0337
Kr 85	0.079	Ce 143	0.136
Sr 85	0.297	Ce 144	0.0078
Sr 87m	0.184	Pr 144	0.0151

Y 87	0.438	Eu 152	0.557
Kr 88	0.896	Eu 154	0.631
Sr 91	0.387	Ta 182	0.679
Y 91m	0.304	W 187	0.300
Y 93	0.048	Ir 192	0.458
Zr 95	0.411	Hg 197	0.00979
Nb 95	0.428	Au 198	0.230
Zr 97	0.478	Hg 203	0.125
Nb 97	0.383	Bi 206	
No 99	0.155	Ra 223	0.0473
Tc 99m	0.067	Ra 226	0.899
Ru 103	0.339	Np 239	0.0615
Ru 105	0.385	Am 243	0.0268
Rh 105	0.045	Am 244	0.456
Ag 110m	1.534		

NEW VALUES FOR SPECIFIC GAMMA - RAY CONSTANTS FOR SOME RADIOISOTOPS
The specific gamma Ray constants for about seventy radioisotops are given in this paper. This quantities are used very often in diferent fields of science medecine and technology. Values for this quantities, which were published so for, are not very satisfactory, especially regarding the precision. New values, ginen in this paper were abtained by calculation using recently published data on gamma - ray spectrums and mass energy transfer coefficients of air for photons.

LITERATURA

1. J.A. Hubbell - Photon Mass Attenuation and Mass Energy-Absorption Coefficients,
Radiat Res. 70, 58-81 (1977)

2. W.W.Bowman and K.W.MacMurdo Radioactive - Dacay Gammas Atamic Data and Nuclear Data Tables Volume 13, Nos. 2-3 Fabruary 1974.

3. D.Nachtigal - Tables of specific gama ray constants

4. M.Ninković, Spektroskopija nekih gama izvora i njena primena u izračunavanju gama konstante, doktorska disertacija, Beogradski Univerzitet 1971.

X.Jugoslovenski simpozijum zaštite
od zračenja
Aranđelovac, 29, 30, 31 maj i 1.juni 1979

Ivan Kobal, Meta Ančik, Bojan Oman, Danilo Zavrtanik
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

PRISUSTVO RADONA U SLOVENSKIM KRAŠKIM ŠPILJAMA

U Postojnskoj jami i Škocjanskim jamama smo odredili koncentracije radona u zraku. U oba dva primera su uzorci zraka uzimani na 17 mesta uzduž turističke trase. Radon (Rn-222) smo određivali pomoću scintilacijskih ćelija volumena oko $0,17 \times 10^{-3} m^3$. Poprečna vrednost za turističku trasu u Postojnskoj jami 8.2.78 iznosila je 1500 Bqm^{-3}, a u Škocjanskim jamama 15.3.78 je bila 220 Bqm^{-3}.
Merenja su dokazala prisutnost radona u obadvije najviše posećivane kraške jame kod nas, ali su zato pokazale i razliku između Postojnske jame i Škocjanskih jama. Biti će potrebna još dodatna merenja ako želimo utvrditi izvore radona, uticaj zračnog tlaka i temperature na koncentracije i tek tada ćemo moći dati obširnije tumačenje tog fenomena.

Radioaktivni plin ^{222}Rn (sa vremenom poluraspada 3,8 dana) nastaje kao jedan od potomaka u razpadnom lancu ^{238}U. Jer je uran jedan od najviše raširenih (mada u maloj koncentraciji) elemenata u zemeljskoj kori, radon nalazimo praktično svugda. Njegove koncentracije su svakako najveće u rudnicima urana, kde radon i njegovi kratkoživeći potomci pretstavljaju ozbiljan radiološki problem. I u nekim drugim rudnicima, naročito metalnim (1,2), koncentracije radona u vazduhu su toliko visoke, da samo intenzivna ventilacija omogučava održavanje povoljnih radnih uslova.

U poslednje vreme povećane koncentracije radona pronadjene su i u nekim kraškim špiljama (3,4) iako je krečnjak poznat kao nisko radioaktivan materjal (5). Izgleda, da se ^{238}U koncentrira u stalaktitima i stalagmitima, te su tako oni izvor radona.

Interesiralo nas je, kakve su koncentracije radona u našim špiljama. Zato smo izvršili merenja u Postojnskoj jami i u

Škocjanskim jamama, koje su kod nas turistički najviše posećivane.

Radon smo odredili na više mesta duž turističke rute. Vazduh smo napunili u scintilacione čelije (6) u kojima smo nakon tri sata (kad se uspostavi radioaktivna ravnoteža između radona i njegovih potomaka) izmerili aktivnost na alfa brojaču. Volumen scintilacionih čelija iznosio je oko $0,170.10^{-3} m^3$, fon čelija 0,010 do 0,017 impulza na sekundu a konstanta čelija od 1,8 do 2,2 impulza na sekundu za aktivnost u čeliji 1 Bq. Donja granica osetljivosti za ove scintilacione čelije iznosila je oko 30 Bq/m^3, a eksperimentalna greška je bila oko 10 %.

Dobijeni rezultati sakupljeni su u tabelama 1 i 2, a mesta uzimanja uzoraka na slikama 1 i 2.

Iz ovih rezultata može se zaključiti sledeće:

- u oba primera pronađene su koncentracije veće od onih u vanskoj atmosfere (na primer u Ljubljani oko 4 Bq/m^3 danju a oko 40 Bq/m^3 od 0 do 4 časova)
- koncentracije radona veće su u Postojnskoj jami; na osnovu jednog merenja ne može se dati puno objašnjenje, a izgleda da su Škocjanske jame po svojem obliku otvorenije pa zato i više provetravane.

Najviše kod ovih merenja interesiralo nas je, kolikoj su dozi zračenja (radonu i njegovim kratkoživećim potomcima) izloženi posetioci i turistički vodiči. Po najnovijim usvojenim preporukama Međunarodne agencije za tomsku energiju, Svetske zdravstvene organizacije i Međunarodnog biroa rada (7) radnici u rudnicima i postrojenjima za preradu radioaktivnih ruda ne smeju primati godišnju dozu veću od 60000 pCi.h/l. To znači prosječnu koncentraciju radona na radnom mestu od 30 pCi/l preko 2000 satova. Ove vrednosti važe za slučaj, kada postoji radioaktivna ravnoteža između radona i njegovih potomaka. Inače ova vrednost može biti veća (za faktor recipročan ravnoteži). Kad je ravnoteža nepoznata, može se uzeti dva puta veća vrednost kako dozvoljena.

Ako uzmemo, da vodiči u Postojnskoj jami u letnim mesecima borave praktički 8 sati u jami, a zimi samo 4 sati, tada je njihova godišnje primljena doza izražena u gornjim jedinicama, jednaka 60750 pCi.h/l, što je oko 51 % maksimalne dozvoljene godišnje doze

za profesionalna lica.

Doza, koju primi turist u Postojnskoj jami je zanemariva, naime svega 31 pCi.h/l (obilazak traje 2 sata), što je samo 0,07 % vrednosti, dozvoljene za profesionalna lica.

Vodiči u Škocjanskim jamama dobiju godišnju dozu od 6000 do 8000 pCi.h/l (ovisno o posjetama u zimskim mesecima), a turisti prilikom jedne 2-satne posete svega 12 pCi.h/l.

Ova merenja ukazuju na to, da bi trebalo za vodiče i druge radnike koji rade u nekim kraškim špiljama uvesti radiološku zaštitu, iako njihov rad ne možemo okvalifikovati kao rad sa izvorima zračenja.

Abstract

Radon concentrations in the air of Postojna Cave and Škocjan Caves were determined. In both cases air was sampled at 17 spots along the tourist route. Radon (222-Rn) was measured by direct alfa scintillation technique using 0,170 l scintillation cells. For Postojna Cave an average value of 1.30 kBq/m3, for Škocjan Caves an average value of 0,22 kBq/m3 was found. Although radon was detected in both caves and a difference between the two caves was found, we are not able to make further explanation of that phenomenon before performing additional measurements in the future.

Bibliografija

1/ HAJDUKOVIĆ D., Radovi IX. simp. JDZZ, Jajce 1977
2/ CORP L. G., World Min. 50, 1977
3/ WILKENING M. H., Health Phys. 31, 139, 1976
4/ WILKENING M. H., Int. Symp. Areas High Nat. Rad., Rio de Janeiro Brazil, RJ-1977
5/ IKEYA M., Health Phys., 31, 76, 1976
6/ KRISTAN J., KOBAL I., ibid. 24,103, 1973
7/ IAEA/ILO/WHO Advisory Group Meet., Portorož 1978

Tabela 1: Koncentracije radona u vazduhu u Postojnskoj jami
(dana 8.2.1978)

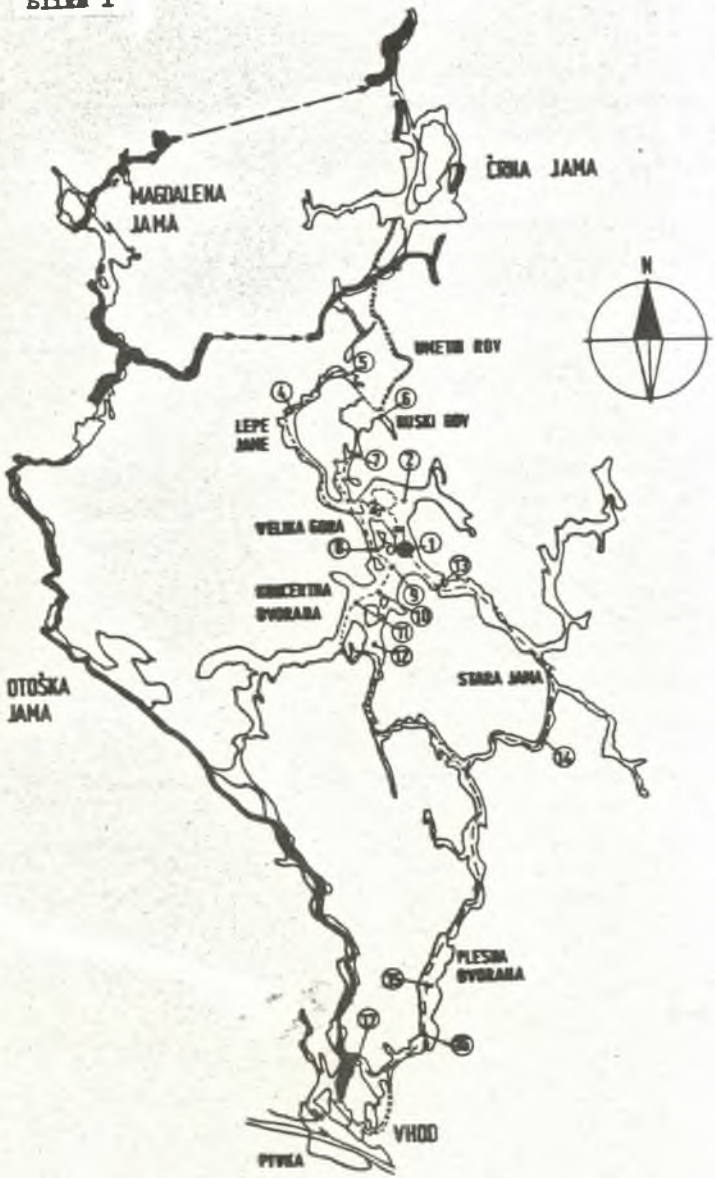
turističko ime mesta uzimanja uzoraka	Vreme	[illegible] (Bq/m³)
1 neboder	9.50	1700
2 Velika gora	9.55	1900
3 kriva pred Ruskim mostom	10.00	2000
4 Crvena hala	10.10	1800
5 kraj Lepih jama	10.15	2200
6 kod Partizana	10.18	2-00
7 najniža tačka	10.20	2200
8 Betlehem (šator)	10.22	2000
9. pod Veliko goro	10.25	1500
10 pod Koncertnu halu	10.30	1400
11 Koncertna hala	10.32	1400
12 odlazna železnička stanica	10.35	1100
13 križište pred dolaznu žel.stanicu	10.36	1000
14 kod Zavese	10.38	7-0
15 Kongresna hala	10.40	720
16 pod Snežnikom	10.42	710
17 izlaz iz jame, nad reko Pivko	10.45	790
	prosjek	1500 (40,5 pCi/l)

Tabela 2: Koncentracije radona u vazduhu Škocjanskih jama (dana 15.3.1978)

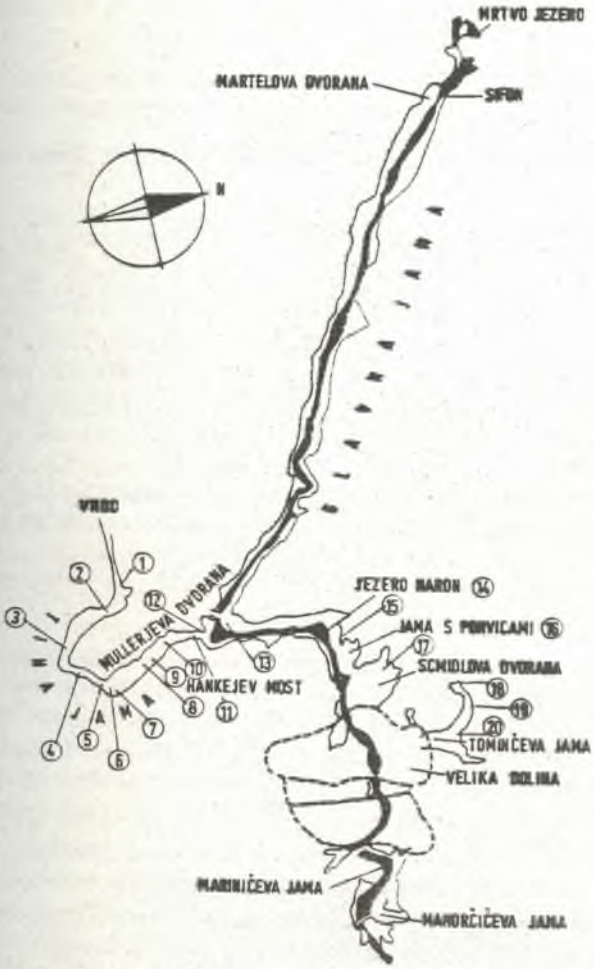
turističko ime mesta uzimanja uzoraka	vreme	^{222}Rn (Bq/m³)
1 ulazni koridor pred krajem predora	10.20	400
2 u sredinu Paradiža	10.22	370
3 Mika jama, sredina Kalvarije	10.26	370
4 Mika jama, kod šatora	10.29	510
5 kod Baldahina	10.31	280
6 toranj u Pisi	10.33	270
7 Svinjsko uho	10.35	180
8 Velika hala, kod ulaza	10.36	270
9 Velika hala, kod akvarijuma	10.39	190
10 Mala hala, Pri orglah	10.42	270
11 Pri netopirjih	10.46	170
12 Šumeča jama, Pod cvetačo	10.50	130
13 vidikovac nad Hankejevim kanalom	10.55	<30
14 najniža točka u Šumeči jami	11.06	110
15 nad Krokodilom	11.10	<30
16 Ponvice	11.15	<30
17 Schmidlova hala pri Kaleini	11.18	<30
	prosjek	220
		(5,95 pCi/l)

Slika 1

POSTOJNSKE JAME



Slika 2 ŠKOCJANSKE JAME



X.Jugoslovenski simpozijum zaštite
od zračenja
Aranđelovac, 29, 30, 31 maj i 1.juni 1979

Ivan Kobal, Miro Škofljanec, Jenz Šubelj
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

PRIRODNI FON RADONA NA PODRUČJU ŽIROVSKOG VRHA

U očekivanju, da su koncentracije radona na području Žirovskog vrha (budućeg rudnika urana) veće nego u drugim krajevima Slovenije, izvršili smo niz merenja radona u vanjskom vazduhu. Merenja nisu poslužila našim pretpostavkama tako da su bile u svim slučajevima niže vrednosti istog veličinskog reda kao u Ljubljani. Povišene vrednosti smo pronašli samo u neposrednoj blizini depoa iskopanog materijala u blizini izlaza ventilacije te u kućama izrađenim od kamena.

Za izvesticiju rudnika urana Žirovski vrh Institut Jožef Stefan koordinira (a delimično i izvodi) kompleksan istraživački program na području Žirovskog vrha sa ciljem, da definira stanje pre otvaranja rudnika, da proceni njegov uticaj na okolinu te da predvidi mere za svođenje tog uticaja na minimum.

U okviru ovog programa vršili smo i merenja radona u vazduhu na široj teritoriji rudnika, kako bi snimili sadašnje stanje. Za sada kontaminaciji radona uglavnom doprinose vertilacioni vazduh iz rudnika i depo iskopane rude. Pošto su sada u rudniku samo geološko-rudarski istraživački radovi možemo sadašnje stanje (iako možda nekoliko poremećeno) smatrati kao prirodni fon.

Merenja koncentracije radona smo izvodili sa terenskom laboratorijom za određivanje niskih koncentracija radona u vazduhu (1). Vazduh (50 do 100 l) smo pumpali preko pasti, koju hladi tekući azot, u kojoj se radon kondenzira i tako odvoji od vazduha. Nakon pumpanja smo pasti zagreli na vanjsku temperaturu. Pri tome radon ispara i ulazi u scintilacionu ćeliju za merenje radona (2). Na mestu uzimanja uzorka smo merili i relativnu vlažnost, temperaturu, barometarski pritisak te jakost i smer vetra. Pumpanje vazduha

je vršeno na visini od 25 cm od zemlje, a uzorci su bili uzimani u vremenu od 9 do 16 časova.

Mesta merenja radona (ukupno 43) prikazana su na Sl. 1. Brojevi na toj slici označavaju koncentraciju radona u vazduhu u pCi/l. Rezultati merenja su dalje prikazani u tabeli 1.

Na depou iskopanog materjala, oko 200 m od glavnog ulaza u rudnik, pratili smo koncentraciju radona u vazduhu na dve različitim visine od zemlje (10 i 500 cm) u vremenu od 24 sata. Rezultati su grafički prikazani na Sl. 2. Za komparaciju smo izvodili slična merenja u Ljubljani na dvorištu Instituta "Jožef Stefan". Rezultati ovih merenja su prikazani na Sl. 3.

Iz dobijenih rezultata možemo zaključiti, da koncentracija radona na području Žirovskog vrha nije povećana u odnosu na vrednosti u Ljubljani. Ove vrednosti su čak i niže od vrednosti na drugim uranskim nalazištima (3). Koncentracija radona nije povećana samo na depou iskopanog materjala. Ove vrednosti će biti znatno veće na depou otpadaka iz prerade rude, koji će imati veće koncentracije radijuma.

Pošto je poznato iz literature (4-7), a to vidimo i iz slika 2 i 3, na koncentraciju radona u vazduhu imaju veliki uticaj meteorološki parametri. Pretpostavlja se da najveći uticaj ima jačina (nezavisno od smera) vetra. Vrednosti, dobijene u vremenu od 9 do16 časova, prikazuje Sl.1, zato možemo očekivati na istim mestima u nočnim časovima znatno veće koncentracije (do 10 puta veće). Medjutim u tom slučaju vrednosti (osim na depou otpadaka) ne bi bile veće od onih u Ljubljani.

Osim ovih merenja bili smo i koncentracije radona u nekim starim zgradama, koje su izgradjene od kamena na područja Žirovskog vrha. Rezultati su prikazani u tabeli 2. U svim slučajevima koncentracija radona u zgradi je veća od one na dvorištu, što je posledica emanacije radona iz stena zgrada. To važi i za kuću Žirovski vrh nad Zalo br.6, koja je svega 200 m udaljena od izlaza glavnog ventilacionog vazduha iz rudnika. To ukazuje na tako razredjenje kontaminiranog vazduha, koji na izlazu iz rudnika sadrži oko 200 pCi radona na litru. Na istom mestu očigledna

je i razlika između stare kuće izgrađene od kamena i nove izgrađene od cigle.

U budućnosti ćemo merenja na nekim mestima ponoviti. Takođe ćemo izmeriti radonove kratkoživeće potomake i ravnotežu između njih, na istim mestima kao i prirodni fon gama zračenja. Izvršićemo i merenja u nekoliko kraških špilja, koje se nalaze u mineraliziranim zonama a pretpostavlja se, da su izvor radona.

Abstract

In connection with the investment in uranium mining and milling facilities at Žirovski vrh (North-western part of Slovenia), some time ago field measurement of radon concentrations in air in Slovenia were started. Emphasis was given to the uranium deposit area, but some other reference sites were also selected. Radon determinations were accompanied by measurement of the meteorological parameters wind speed and direction, humidity, temperature and atmospheric pressure. At representative sites, diurnal concentration variations were followed.

Radon concentrations were usually found to lie below 1 pCi/l (= 37 Bq/m3), but in the vicinity of mine tailings and in houses built of stone from Žirovski vrh, this level was exceeded and concentrations up to 20 pCi/l were found.

Bibliografija

(1) KOBAL I., KRISTAN J., ŠKOFLJANEC M., Proc.Int.Symp. on the Monitoring of Radioactive Airborne and Liquide Releases from Nuclear Facilities, Portorož, Yugoslavia, IAEA-SM-217/44, 1977.

(2) KRISTAN J., KOBAL I., Health Phys., 24, 103, 1973.

(3) BADIE J.S., ZAUTMANN N.F., MARKLEY D.J., WILLIAMS R., Technical Note CRP/IV-76-A, 1976.

(4) ISRAELSON S., ENGDEN E., UNGERTHUM E., Martsa Observatory, Upsala, Sweden, Report No.28, 1972.

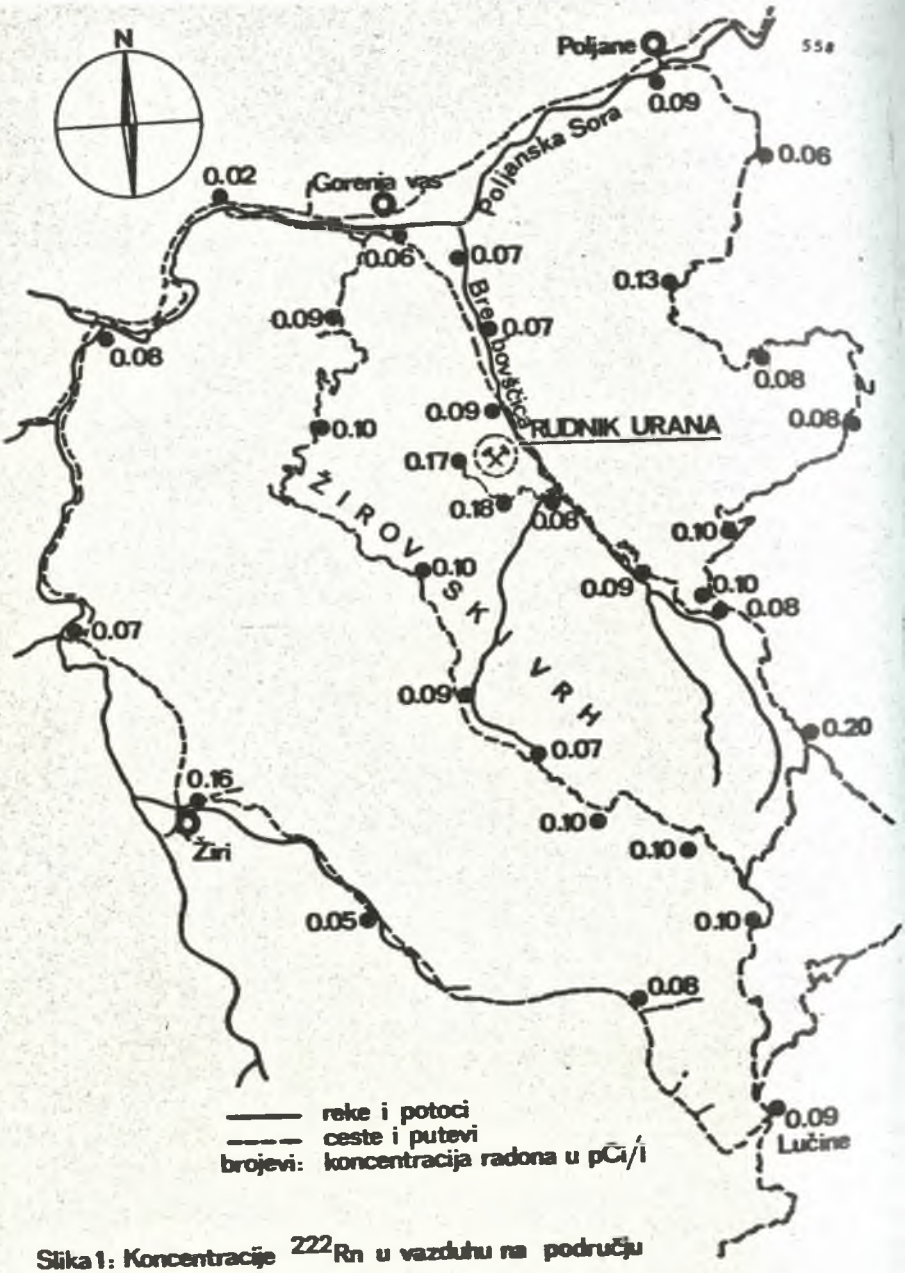
(5) NATAKANI S., Researches of the Electrochemical Laboratory, No.755, Agency of Industrial Sciences and Technology, Tokyo, Japan, 1975.

(6) TOTH A., Izotoptechnika (Budapest) 19, 148, 1976.

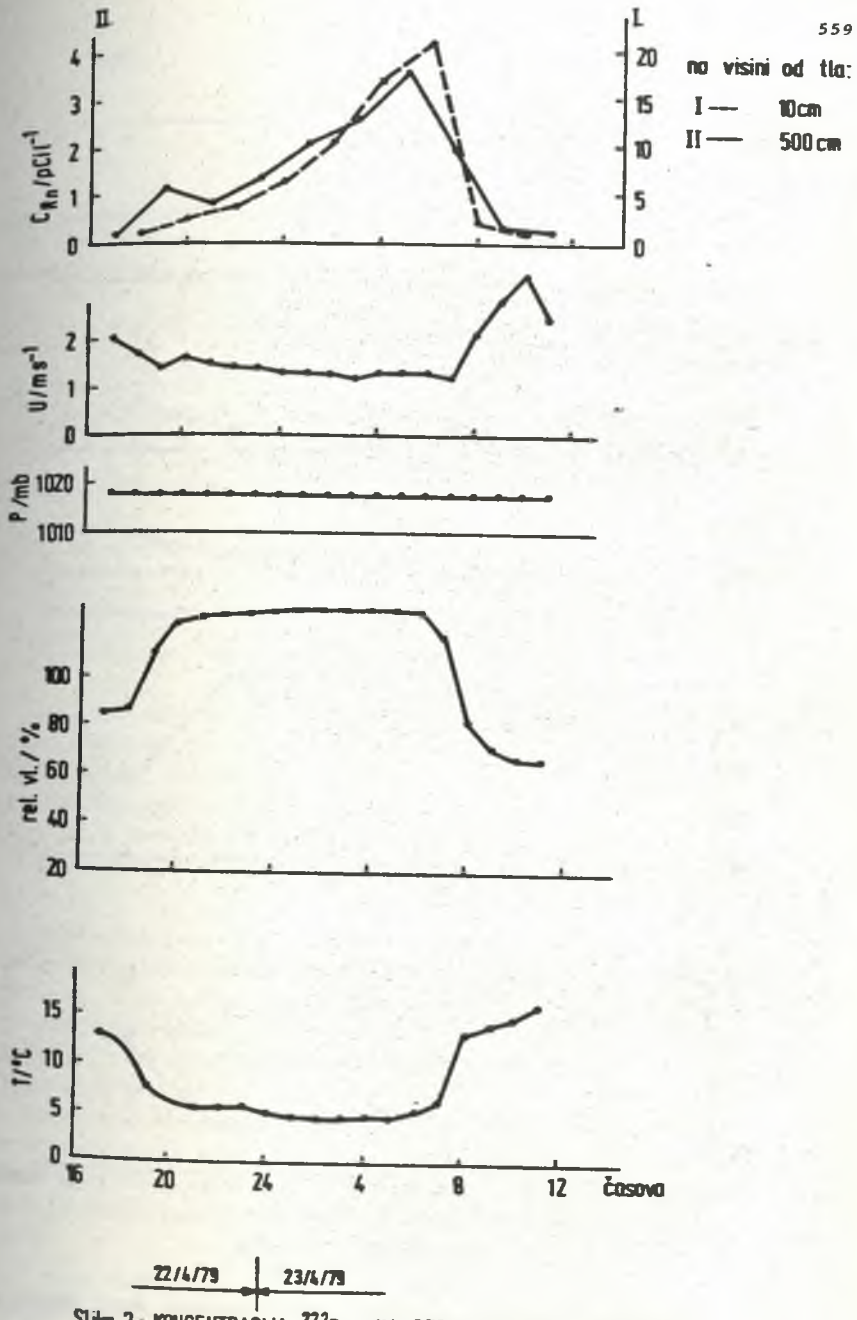
(7) MINOWA K., MATSUO T., Annual Report of the Radiation Center of Osaka Prefecture, Japan, 12, 18, 1971.

Tabela br.1: Koncentracija radona u vazduhu na području Žirovskog vrha

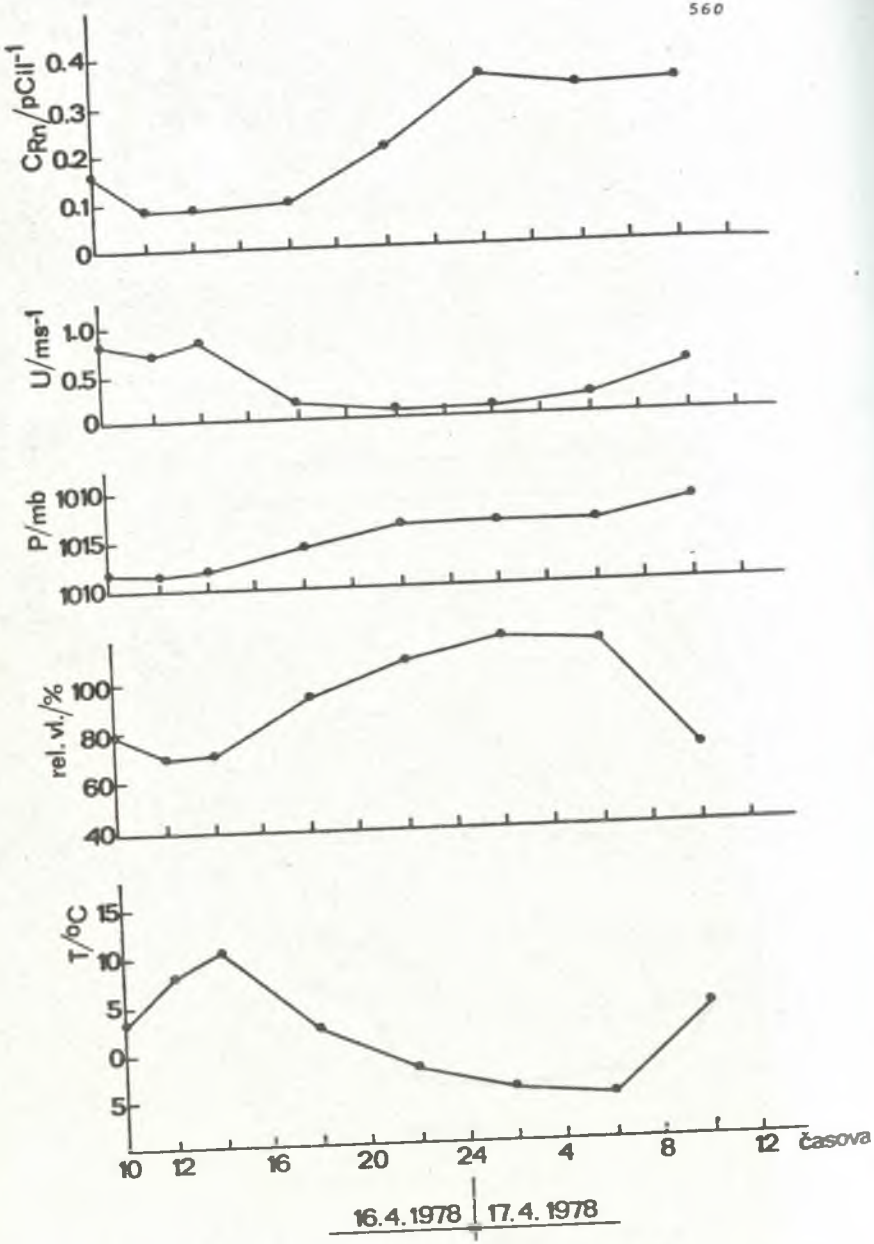
1	2	3	4	5	6	7	8
	0.09	18	1008	45	1.9	30.3.78	13
	0.08	14	1004	61	1.1	1.4.78	9
	0.06	17	1000	44	0.9	30.3.78	14
	0.13	16	989	47	0.8	31.3.78	9
	0.08	15	978	44	1.9	31.3.78	10
	0.08	13	966	46	1.9	31.3.78	12
	0.10	17	987	46	1.6	31.3.78	13
	0.10	18	981	46	2.5	31.3.78	14
	0.08	18	983	46	1.0	31.3.78	15
	0.06	15	1002	63	1.8	1.4.78	10
	0.09	7	1002	69	2.4	3.4.78	9
	0.06	15	1011	50	1.7	22.4.78	15
	0.02	17	1001	57	1.3	1.4.78	11
	0.08	18	999	55	1.3	1.4.78	12
	0.07	19	995	46	0.8	1.4.78	13
	0.16	15	991	63	0.3	2.4.78	10
	0.05	16	988	56	0.3	2.4.78	11
	0.08	14	981	56	0.7	2.4.78	12
	0.09	13	971	67	1.6	2.4.78	13
	0.12	10	977	76	3.0	9.4.78	10
	0.10	16	964	61	1.3	2.4.78	14
	0.10	8	969	66	1.6	9.4.78	10
	0.20	13	973	61	1.5	2.4.78	15
	0.16	13	978	60	2.1	9.4.78	13
	0.10	3	966	74	1.1	8.4.78	10
	0.10	3	960	80	2.2	8.4.78	11
	0.09	7	967	72	1.6	8.4.78	12
	0.07	6	962	69	1.3	8.4.78	13
	0.09	13	996	61	2.5	3.4.78	14
	1.10	7	958	65	2.6	9.4.78	11
	0.10	11	958	62	1.4	9.4.78	12
	0.09	11	1009	33	-	18.4.78	10



Slika 1: Koncentracije ^{222}Rn u vazduhu na području Žirovskog vrha.



Slika 2.: KONCENTRACIJA ^{222}Rn NA DEPON ISKOPANOG MATERIJALA



Slika 3: Koncentracija ^{222}Rn u parku Instituta Jožef Stefan.

X.Jugoslovenski simpozijum zaštite
od zračenja
Aranđelovac, 29,30,31 maj i 1.juni 1979

Ivan Kobal, Miro Škofljanec, Meta Arčik, Slavica Jerančič,
Danilo Zavrtanik, Bojan Oman, Srečko Beričič
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

KONTAMINACIJA POVRŠINSKIH VODA ZBOG RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH

Da bi utvrdili uticaj vode iz rudnika na površinske vode, jednom mesečno merimo radioaktivnost reke Brebovščice u koju sliva voda iz rudnika, te Poljanske Sore, u koju se sliva Brebovščica. U ovoj fazi istraživačkih radova u rudniku kontaminacija je zaznavna samo u Brebovščici uzduž čitavog njenog toka, dok radioaktivnost Poljanske Sore nije povećana.

Iako u fazi istraživačkih (ne eksploatacionih) radova, rudnik urana Žirovski vrh pretstavlja izvor kontaminacije svoje okoline. Ventilacioni sistem rudnika izbacuje vazduh kontaminiran uranom a naročito radonom (^{222}Rn) i njegovim kratkoživećim potomcima, a voda koja teče iz rudnika kontaminirana je uranom, radonom (^{222}Rn), radijumom (^{226}Ra), a povećana joj je i ukupna aktivnost beta.

Ispuštanje ovih radioaktivnih komponenata u okolinu je pod stalnom kontrolom. U tu svrhu jednom mesečno uzimaju se uzorci vazduha, koji izlaze iz rudnika, te uzorci vode iz rudnika, potoka Brebovščice pre i posle rudnika, te reke Poljanske Sore u Gorenjoj vasi (preizlivanja Brebovščice) i u Poljanama (posle izlivanja Brebovščice).

Merenja su pokazala, da je kontaminacija atmosfere barem u ovoj fazi veoma mala i 50 metara od izlaza ventilacionog vazduha praktiški neprimetljiva. Tako ćemo u ovom radu posvetiti više pažnje kontaminaciji površinskih voda (Brebovščice i Poljanske Sore).

U gore pomenutim vodama određivali smo sledeće radioaktivne komponente:

- ukupnu aktivnost beta u suhom ostatku od 1 litra uzorka, žarenom na 450°C i merenom na antikoincidenčnom brojaču niskog fona
- prirodni uran fluorimetričnom metodom
- radon (^{222}Rn) metodom koja se inače upotrebljava za odredjivanje radona u termalnim i drugim vodama (1)
- radijum (^{226}Ra) sorpciono-emanacionom metodom (2) koncentriranja radijuma na jonskom izmenjivaču i merenjem radona koji u odredjeno vreme nastaje radioaktivnom raspadom iz sorbiranog radijuma.

Rezultati merenja za 1978 sakupljeni su u Tabeli 1 i grafičko su prikazani na slikama 1 (radij), 2(prirodni uran) i 3 (ukupna aktivnost beta).

Za aktivnost beta (slika 3) u Brebovščici teško bi rekli, da je povećana zbog rudnika. Prosječna vrednost pre rudnika iznosi 2,5 pCi/l, a posle rudnika 2,8 pCi/l (prvo polugodište).

Drugačija je situacija sa radijumom (slika 1) i uranom (slika 2), kojih koncentracije su značajno povećane u Brebovščici zbog vode iz rudnika. Iako treba da napomenimo,da je i u tom slučaju za oba radionuklida koncentracija jednaka ili manja od najveće dozvoljene pitku vodu.

Da bi utvrdili domet uticaja vode iz rudnika na vodu u Brebovščici analizirali smo vodu uzduž toka Brebovščice. Mesta uzimanja uzoraka prikazana su na sliki 4, a dobijeni rezultati grafičko prikazani na sliki 5.

Iz ove slike vidi se, da dotok vode iz rudnika poveća koncentraciju radijuma u Brebovščici, ova vrednost se posle toga nekoliko smiri zbog razredjenja Kremeniškim potokom (ili možda zbog taloženja), i ostaje posle toga praktički nesmanjena do izlivanja u Poljansku Soru.

Koncentracije urana u Brebovščici posle rudnika su značajno povećana i ostaju take (bez nekog značajnog sniženja) do izlivanja u Poljansku Soru.

Rezultati ovih kontrolnih merenja radioaktivnosti u Brebovščici i Poljanskoj Sori kažu na to, da je u sadašnjoj etapi geološko-rudarskih istraživačkih radova u Žirovskom vrhu kontaminacija površinskog voda zbog vode iz rudnika lokalnog karaktera, tako da taj uticaj ne opažamo u Poljanskoj Sori. Preloženjem rudnika u fazu eksploatacije svakako možemo očekivati veći uticaj rudnika na okolinu a nadamo se, da će biti u investiciji predvidjene sve one mere, koje će održavati ovaj uticaj ispod zadovaljajuče granice.

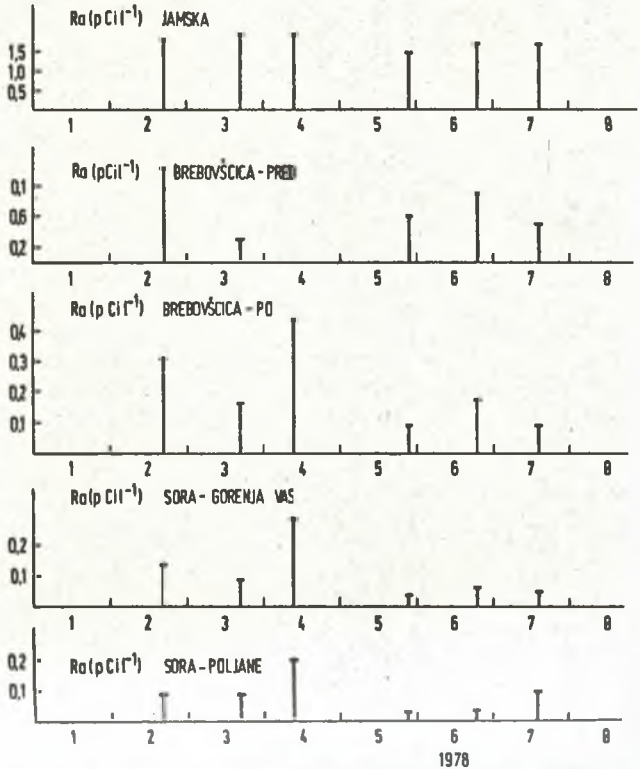
Abstract

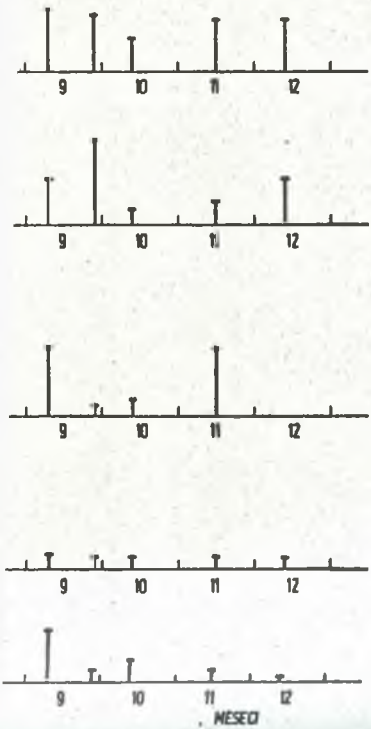
Samples of Uranium mine water and rivers Brebovščica and Poljanska Sora were monthly collected and analysed for Ra, U and gross beta activity. Results for the 1973 are graphically presented and discussed. Although concentrations of some radionuclides in the Brebovščica are increased due to inflow of mine water and this influence is evident throughout the whole flow of the river, the contamination of the Poljanska Sora has not been observed.

Bibliografija

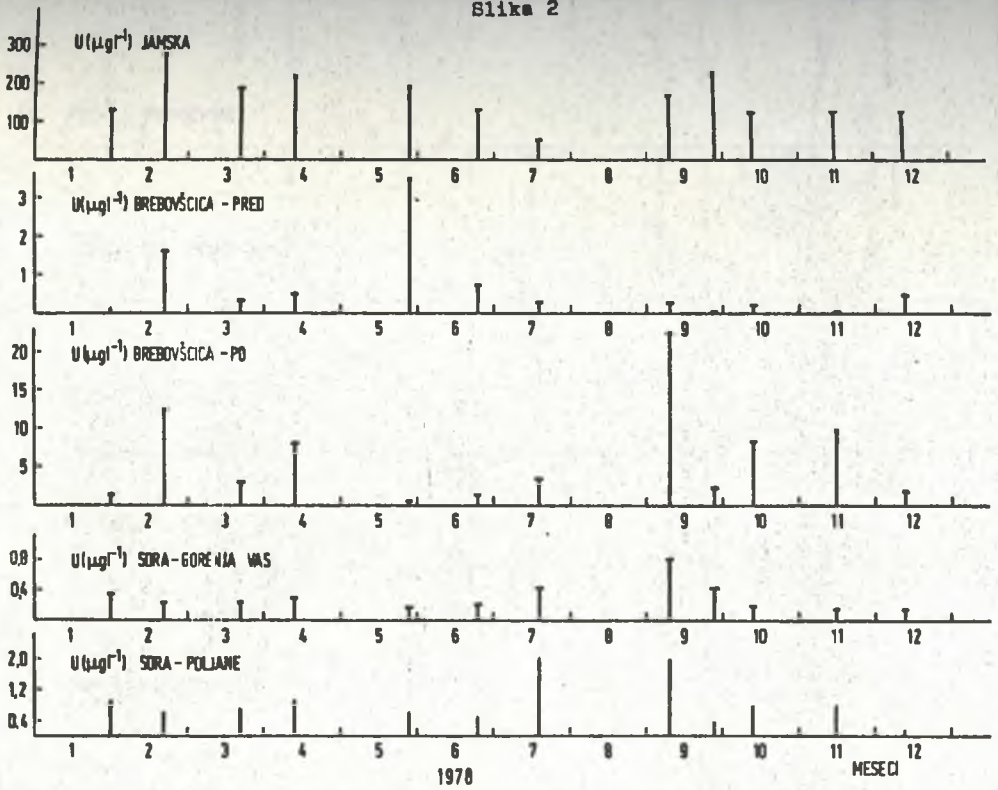
(1) KRISTAN J., KOBAL I., Health Phys. 24, 103, 1973.
(2) KOBAL I., SRANIN M., KRISTAN J., SENEGAČNIK M., Health Phys. 27, 281, 1974.

Slika 1

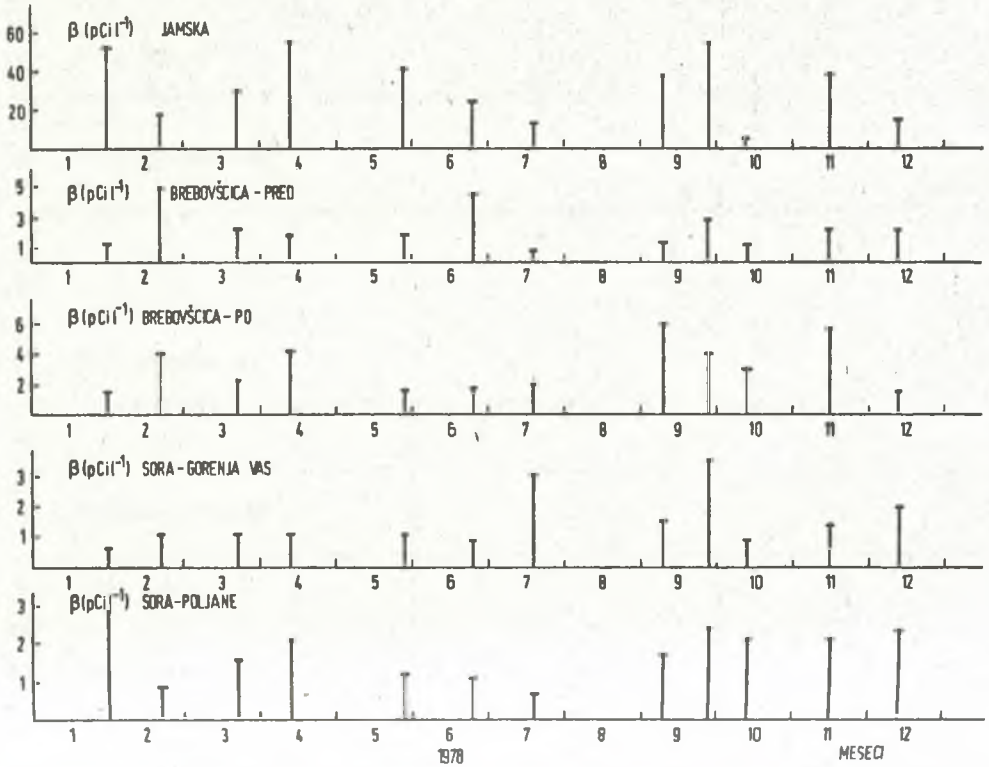

Ra (pCi l⁻¹) JAMSKA
1,5
1,0
0,5
1 2 3 4 5 6 7 8
Ra (pCi l⁻¹) BREBOVŠCICA - PRED
0,1
0,6
0,2
1 2 3 4 5 6 7 8
Ra (pCi l⁻¹) BREBOVŠCICA - PO
0,4
0,3
0,2
0,1
1 2 3 4 5 6 7 8
Ra (pCi l⁻¹) SORA - GORENJA VAS
0,2
0,1
1 2 3 4 5 6 7 8
Ra (pCi l⁻¹) SORA - POLJANE
0,2
0,1
1 2 3 4 5 6 7 8
1978

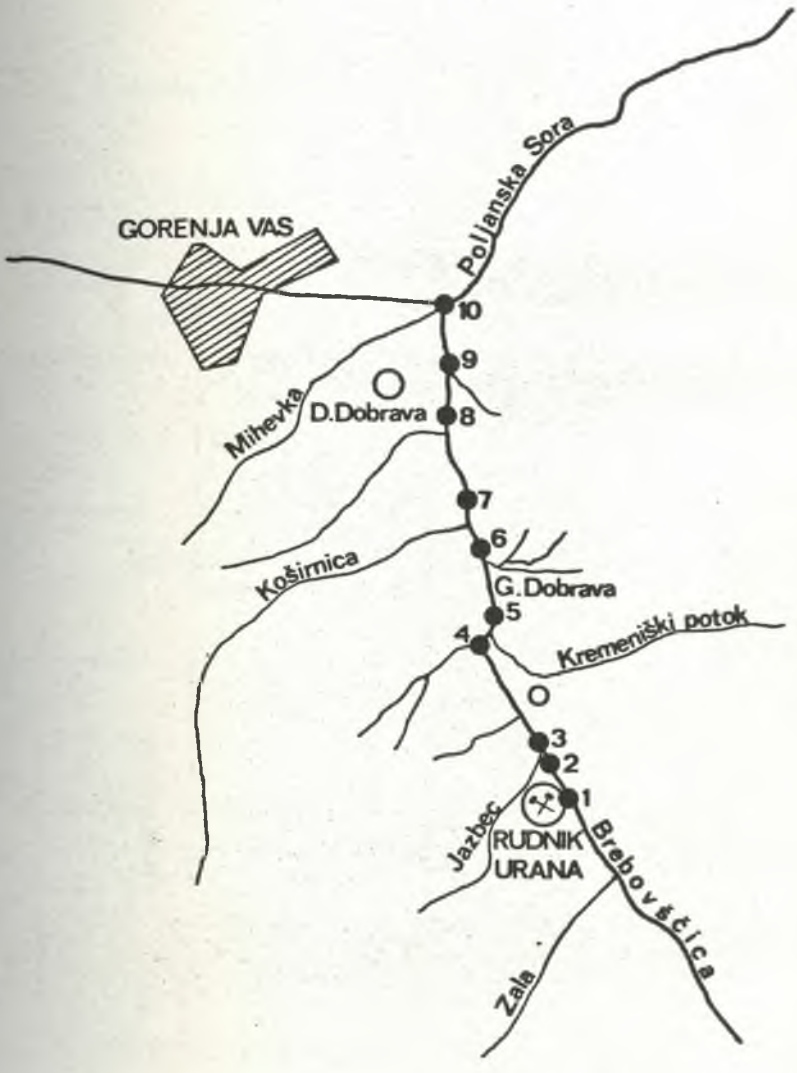

9
10
11
12
9
10
11
12
9
10
11
12
9
10
11
12
9
10
11
12
MESEC

Slika 2

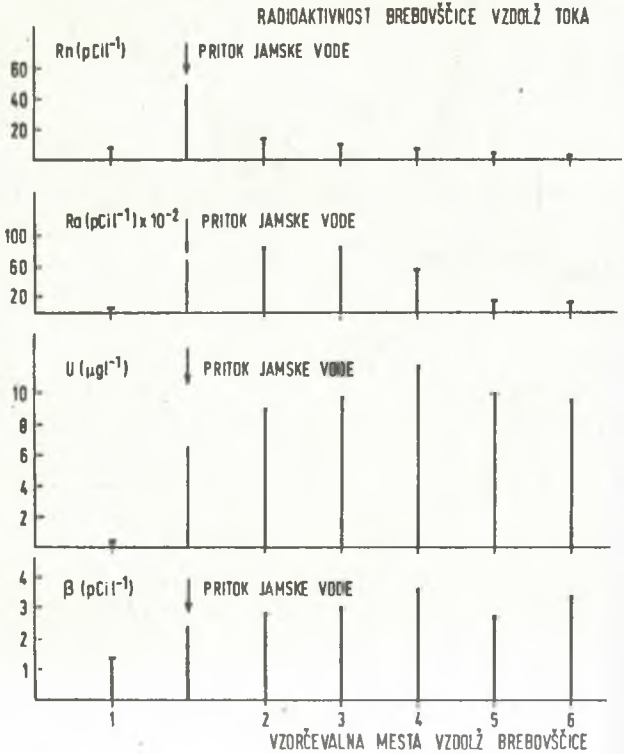

U(μgl⁻¹) JAMSKA
300
200
100
U(μgl⁻¹) BREBOVŠCICA - PRED
3
2
1
U(μgl⁻¹) BREBOVŠCICA - PO
20
15
10
5
U(μgl⁻¹) SORA-GORENJA VAS
0,8
0,4
U(μgl⁻¹) SORA - POLJANE
2,0
1,2
0,4
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1978
MESECI

Slika 3

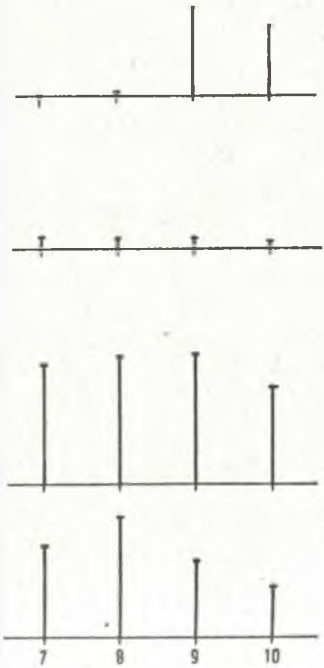

β (pCi l⁻¹) JAMSKA
β (pCi l⁻¹) BREBOVŠCICA - PRED
β (pCi l⁻¹) BREBOVŠCICA - PO
β (pCi l⁻¹) SORA - GORENJA VAS
β (pCi l⁻¹) SORA - POLJANE
1978
MESECI



Slika 4: Mesta uzimanja uzorka na Brebovščici.


RADIOAKTIVNOST BREBOVŠČICE VZDOLŽ TOKA
Rn (pCi l⁻¹)
PRITOK JAMSKE VODE
60
40
20
Ra (pCi l⁻¹) x 10⁻²
PRITOK JAMSKE VODE
100
60
20
U (μg l⁻¹)
PRITOK JAMSKE VODE
10
8
6
4
2
β (pCi l⁻¹)
PRITOK JAMSKE VODE
4
3
2
1
1
2
3
4
5
6
VZORČEVALNA MESTA VZDOLŽ BREBOVŠČICE

Slika 5



JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

RADOVI SA SAVETOVANJA O ORGANIZACIJI I METODAMA LIČNE DOZIMETRIJE

9. i 10. novembra 1978. god.

N o v i S a d

Savetovanje je održano u prostorijama Zavoda za medicinu rada Instituta za zdravstvenu zaštitu SAP - Vojvodine,u Novom Sadu a u organizaciji Društva za zaštitu od zračenja SAP Vojvodine.

Savetovanje je otvorio, predsednik Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja Doc.Dr Sci.med. Dušan Panov.

U uvodu Dr Panov je istakao značaj održavanja ovog Savetovanja u iznalaženju najboljih metoda lične dozimetrije, koje bi dale dovoljno sigurnih podataka za preduzimanje mera zaštite i evaluaciju eventualnih radijacionih oštećenja kod profesionalno izloženih lica.

Savetovanje je isto tako pozdravio i poželeo uspešan rad Doc. dr Petar Mudrinjić u ime Zavoda za medicinu rada i Društva za zaštitu od zračenja SAP Vojvodine.

Savetovanju je prisustvovalo oko 50 učesnika iz cele zemlje i nekoliko učesnika iz Engleske i Austrije.

Podneto je četiri referata o ličnoj dozimetriji metodom TL dozimetrije i izvršena demonstracija Toledo-čitača proizvodnje firme "Pitman" iz Engleske.

Na Savetovanju je održana i diskusija za okruglim stolom o problemima sistema i postupaka za obradu podataka dobijenih ličnom dozimetrijom. (Uvodno izlaganje dao je P.Mirić).

Zaključak Savetovanja:

Posle vrlo žive diskusije, u kojoj je učestvovalo oko dvadeset diskutanata, zaključeno je da uvodjenje TL dozimetrije u ličnoj dozimetriji predstavlja kvalitativni napredak u odredjivanju primljene doze kod lica koja se profesionalno izlažu jonizujućim zračenjima.

Pri uvodjenju TL dozimetrije u praktične svrhe potrebno je da se zainteresovane institucije dogovaraju o metodologiji i opremi koja će se primenjivati u Jugoslaviji.

Posle saslušanih referata (naših i stranih autora) i opširnih diskusija po njima skup je doneo sledeće zaključe:

- U ličnoj dozimetrijskoj kontroli potrebno je postepeno preći na TLD.

- Kako se u IBK - Vinča proizvode TLD, koji spadaju u najbolje što se danas na tom planu u svetu proizvodi, učesnici skupa smatraju da bi sve ustanove u zemlji, koje se po ovlašćenju bave ličnom dozimetrijskom kontrolom, trebalo da koriste ove TL dozimetre.

- Skup smatra da sve ustanove koje se bave ličnom dozimetrijskom kontrolom treba da se dogovore o tome da kupe isti tip TLD - čitača.

- Ovlašćene ustanove treba da se dogovore o sistemu i vidu finalizacije i jedinstvenog jugoslovenskog prezentiranja rezultata dozimetrijske kontrole.

TERMOLUMINESCENTNA DOZIMETRIJA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI

Dr Mirjana Prokić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",Vinča

Abstract - U radu su iznete mogućnosti i prednosti termoluminescentne dozimetrije za primenu u ličnoj dozimetrijskoj kontroli. TL dozimetri usled svojih kvalitetnih osobina i velikih mogućnosti, zamenjuju film-dozimetre u većini zemalja koje primenjuju izvore jonizujućeg zračenja.

1. Uvod

Razvoj nuklearne energetike kao i sve veća primena izvora zračenja u različitim oblastima ljudske delatnosti - primena izvora zračenja u industriji, medicini, nauci, za potrebe armije, gradnja nuklearnih elektrana, itd. - uslovljava da je u današnje doba sve veći broj ljudi izložen dejstvu izvora zračenja. Poslednjih godina se, kao posledica ove primene, posvećuje velika pažnja ispitivanjima efekata dugotrajnog izlaganja velikog dela stanovništva niskim dozama zračenja i njihovom uticaju na zdravlje ljudi. U cilju procene toga uticaja neophodno je, sa najvišom mogućom tačnošću izmeriti vrednosti doza zračenja koju prima osoblje ili stanovništvo u kontrolisanoj sredini.

Za kontrolu ozračenosti lica izloženih izvorima zračenja, zakonom je obavezno korišćenje ličnih dozimetara u svim zemljama sveta u kojima se koriste izvori zračenja. Milioni takvih dozimetara su u upotrebi i taj broj se neprestano povećava sa rastućom primenom izvora zračenja. Osnovni cilj lične dozimetrije jeste smanjenje ozračenosti lica profesionalno izloženih zračenju. Istovremeno, personalna dozimetrija je blisko vezana za problem ozračenosti grupa stanovništva u sredinama sa povišenim nivoom zračenja

(NE, gromobrani) kao i sa ozračivanjem cele populacije izvorima zračenja koji se primenjuju u medicinske svrhe, s obzirom da je doza zračenja osnovni parametar za odredjivanje stepena rizika, a time i uticaja zračenja na čoveka, njegovo zdravlje i život.

Dozimetrijski sistem koji je prvi korišćen kao lični dozimetar, bio je film-dozimetar. Još 1929. godine su Eggert i Luft[1] prvi sugerirali korišćenje filma u cilju dozimetrijske kontrole lica izloženih zračenju, i koji je od tada postao osnova radijacione zaštite. Medjutim, u današnje vreme film - dozimetri više ne zadovoljavaju potrebe savremene personalne dozimetrije pred kojom se postavljaju sve veći i strožiji zahtevi koji imaju značaja sa stručnog, medicinskog, zakonodavnog, administrativnog, kao i psihološkog stanovišta. Neki od tih zahteva su: mogućnost merenja niskih doza zračenja sa visokom preciznošću i tačnošću, neosetljivost na spoljašnje faktore, neograničen vremenski interval izmedju eksponiranja dozimetara i merenja doza zračenja, merenje doza zračenja svih vrsta, energija i nivoa, mogućnost automatizacije, kompjuterske obrade rezultata lične dozimetrijske kontrole, produženje frekvencije očitavanja dozimetara za osoblje koje nije neposredno izloženo izvorima zračenja, itd. Nema sumnje da je poslednjih godina personalna dozimetrija ušla u period transformacija kako iz fundamentalnih - zamena film-dozimetara sa kvalitetnijim sistemom, tako i iz razloga racionalizacije sistema kontrole što dosadašnji sistem kontrole nije omogućavao. Na osnovu diskusija, zaključaka i preporuka[2,3,4,5] velikog broja eksperata iz oblasti personalne dozimetrije, optimalni sistem koji zadovoljava zahteve savremene lične dozimetrije su termoluminescentni dozimetri*.

U okviru ovoga rada iznete su mogućnosti i prednosti termoluminescentnih dozimetara u ličnoj dozimetrijskoj kontroli na osnovu podataka i iskustava velikog broja nuklearnih i zdravstvenih centara u svetu koji su kao lični dozimetar uveli termoluminescentne dozimetre.

---

*Termoluminescentni dozimetri su takvi sintetički ili prirodni materijali koji pri zagrevanju, ako su prethodno bili izloženi zračenju, emituju svetlost čiji je intenzitet proporcionalan apsorbovanoj energiji zračenja - dozi zračenja. Očitavanje intenziteta termoluminescencije vrši se na specijalnim aparaturama sa visokim nivoom osetljivosti i reproducibilnosti.

2. Mogućnosti termoluminescentne dozimetrije

Sve veća primena izvora zračenja uslovila je intenzivan razvoj novih, kao i poboljšanje postojećih dozimetrijskih sistema i metoda za što preciznije merenje doza zračenja. Naime, posle pedesetih godina učinjen je značajan napredak u nauci u smislu otkrivanja novih principa detekcije zračenja u oblasti dozimetrije čvrstog stanja, otkrića novih materijala i detektora, napredak u objašnjenju procesa, mehanizma i kinetike efekata koji se odvijaju u ozračenim detekcionim sistemima, detaljne studije problema povećanja osetljivosti detektora, kao i razvoj pouzdane i osetljive instrumentacije. Na osnovu velikog broja eksperimenata, analiza, diskusija, i realnog sagledavanja prednosti i nedostataka postojećih dozimetrijskih sistema čvrstog stanja, (termoluminescentni dozimetri, radiofotoluminescentni dozimetri, TSEE, OSEE sistemi, itd.) došlo se do zaključka da je termoluminescentna dozimetrija apsolutno najpogodnija integralna dozimetrijska metoda u različitim oblastima dozimetrije zračenja, posebno u ličnoj dozimetriji.

Primena efekta termoluminescencije u radijacionoj dozimetriji nije sagledana sve do oko 1952. godine, kada Daniels[6] sa svojim saradnicima Cameron-om i Boyd-om ostvaruje prvi TL dozimetar na bazi LiF, izmedju ostalog i za ličnu dozimetrijsku kontrolu u Američkoj armiji. Tek posle 1960. godine, TL dozimetrija beleži nagli porast u svojoj primeni s obzirom da neophodna i adekvatna instrumentacija koja se nije uporedo razvijala sa TL materijalima, dostiže neophodni kvalitet i omogućava uporedo razvijanje kako malih komercijalnih TL sistema, tako i automatizovanih analizatora velikih mogućnosti. Kao posledica ovakvog razvoja, poslednjih 6-8 godina sve veći broj nuklearnih centara u svetu prihvata TL dozimetriju kao zvaničan dozimetrijski sistem. Zamena film-dozimetara sa TL dozimetrima je u toku u velikom broju institucija u svetu, dok se velike svetske firme (Elektronska i hemijska industrija)kao što su Harshaw Co, Teledyne Isotopes, Victoreen Instr. Co, Eberline Instrument Corp., Pitman, itd., nadmeću u ostvarivanju i ponudi sve savršenijih TL dozimetara i odgovarajućih aparatura za merenje emitovane termoluminescencije. Pored USA, Kanade, Velike Britanije, Francuske, Danske, Holandije, S.R. Nemačke, Švedske, Belgije, Japana,

i u SSSR-u, Poljskoj, Čehoslovačkoj, Madjarskoj, Bugarskoj, D.R. Nemačkoj, zatim Indiji, Finskoj, Brazilu, itd., proizvode se TL dozimetri i aparature za očitavanje TLD visokog kvaliteta. Samo do 1971. godine, u SAD je kontrolisano pomoću TLD-a 40.000 lica (oko 500 000 TLD godišnje), Kanada 800 000 TLD godišnje, Danska 7 200 TLD godišnje, Holandija oko 84 000 TLD godišnje, a posle 1974. godine kontroliše se više od 20 000 lica, odnosno 250 000 TLD godišnje, Francuska 420 000 TLD godišnje, SR Nemačka oko 360 000 TLD godišnje, dok za ostale zemlje, posebno za SSSR ne postoje precizni podaci.

Termoluminescentna dozimetrija je, zahvaljujući svojim kvalitetnijim osobinama u odnosu na ostale tipove integralnih dozimetrijskih sistema, zamenila u ličnoj dozimetriji najviše korišćen sistem - film dozimetre. Danas praktično ne postoji nuklearni centar, nuklearna elektrana ili zdravstveni centar u kojima se ne koriste termoluminescentni dozimetri. Široke mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije koje nisu svojstvene ni jednoj do sada poznatoj integralnoj dozimetrijskoj metodi, omogućene su ekstremno visokom osetljivošću TLD, od kojih neki TLD imaju osetljivost koja je za oko 1 000 puta viša od osetljivosti film dozimetra. Za razliku od film dozimetara, TLD su neosetljivi na spoljašnje faktore (vlažnost, temperatura ambijenta, hemijski činioci, prašina, svetlost) dok je posebna prednost TLD nizak fading (gubitak intenziteta emitovane termoluminescencije u funkciji vremena). Fading za film dozimetre pri relativnoj vlažnosti od 60% na temperaturi od 30°C, iznosi 50% u toku svega 8 nedelja, dok za relativnu vlažnost od 80% na istoj temperaturi, fading za film dozimetre iznosi blizu 80% u toku 5 nedelja.

Mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije u personalnoj kontroli primljenih doza zračenja može se grupisati u nekoliko podoblasti:

- akcidentalna dozimetrija
- merenje doze X i gama zračenja za celo telo
- merenje doza zračenja koje prima koža (omogućeno preparacijom tankih slojeva tkivnoekvivalentnih TLD)

- detekcija doza od alfa i beta zračenja
- detekcija doza od alfa i beta zračenja pri inhalaciji radona
- merenje doza neutronskog zračenja (mogućnost direktne diskriminacije neutronske i gama doze)
- merenje doza zračenja koju prima medicinsko osoblje pri medicinskoj primeni izvora zračenja (dijagnostička, terapijska primena, itd).

U toku poslednjih godina učinjen je veliki napredak u TL dozimetriji. Stalni porast interesovanja za TL dozimetriju se reflektovao u više od hiljada publikacija kao i u oko deset različitih tipova TLD koji se komercijalno proizvode. TLD sistem se ekstenzivno razvijao u cilju korišćenja - na prvom mestu - u ličnoj i kliničkoj dozimetriji. TLD sistem ima sve karakteristike dozimetara čvrstog tela: veliku gustinu, mogućnost preparacije minijaturnih dozimetara, dugovremensku stabilnost koja omogućava merenja doza zračenja u bilo koje vreme posle ozračivanja, veoma širok raspon merenja ekspozicionih doza zračenja, od oko 10^{-4}R do 10^{8}R ($2,58 \times 10^{-8}$Ckg^{-1} do $2,58 \times 10^{4}$Ckg^{-1}). U poredjenju sa drugim dozimetrijskim sistemima, osnovno preimućstvo TLD je velika fleksibilnost oblika TL materijala: prah, kristali, polikristali, stakla, sinterovane pastile, TL materijal zatopljen u cevčice, TL materijal presovan sa teflonom (u obliku niti, trake, itd.). Različit hemijski i izotopski sastav različitih termoluminescentnih dozimetara (na pr. $CaSO_4$, LiF, CaF_2, ^{6}LiF, ^{7}LiF, $Li_2B_4O_7$, $^{7}Li_2$ $^{11}B_4O_7$, itd.) omogućava merenje doza zračenja različite vrste i energije (gama, X-zračenja, beta, alfa, neutronskog zračenja različitih energija, itd.). Dodavanjem malih količina elemenata različitog atomskog broja, dobijaju se, prema potrebi, TLD koji direktno mere apsorbovanu dozu u vazduhu, tkivu, mekom tkivu, ili kostima. S obzirom da dimenzije TL dozimetara mogu biti veoma male, 1 mm x 3mm, a sprašeni materijal omogućava oformljavanje veoma tankih slojeva, d = 5 μm, TLD se koriste za merenje doza alfa i beta zračenja, niskoenergetskog X zračenja ispod 20 KeV, kao i za merenje niskih doza zračenja ekstremno niskoenergetskog zračenja - na primer, elektrona energije 1 KeV - 4 KeV koje se javlja kod elektronskih mikroskopa; TLD se zatim koriste za merenje ekspozicije pri aplikaciji

UV zračenja u medicini, za odredjivanje doza zračenja kod impulsnih ozračivanja (na pokazivanje TLD ne utiče jačina doze zračenja čak i od $10^8 Gyec^{-1}$ (10^{10} rad sec^{-1}),itd.

Mogućnost preparacije TL materijala koji pokazuju energetsku nezavisnost, tkivnoekvivalentni (ili vazduhuekvivalentni) TL dozimetri sa efektivnim atomskim brojem za fotoelektričnu apsorpciju $Z_{eff} = 7,42$ ($Z_{eff} = 7,64$) kao i TL dozimetara sa efektivnim atomskim brojem za fotoelektričnu apsorpciju $Z_{eff} \geq 50$, omogućava, pored odredjivanja doza zračenja, i odredjivanje spektralnih karakteristika mekog X zračenja.

TL dozimetri se odlikuju brzom regeneracijom, dok izvestan broj novih tipova TLD ne zahteva regeneraciju posle merenja doze zračenja i ponovnog eksponiranja. Poslednjih nekoliko godina je iznenadjujuće brz razvoj termoluminescentnih materijala visokog kvaliteta od kojih neki omogućavaju detekciju ekstremno niskih doza zračenja - uz specijalnu aparaturu moguće je merenje ekspozicionih doza zračenja od oko 5 μR[7].

<u>Zahtevi za korišćenje TLD u ličnoj dozimetriji</u> - Da bi bio korišćen kao lični dozimetar, TL materijal mora da ispunjava nekoliko zahteva: reproducibilnost i preciznost merenja doza zračenja sa TLD mora biti visoka; ne sme da bude osetljiv na dnevnu svetlost, pritisak, hemikalije, vlažnost vazduha, prašinu, itd; emitovana termoluminescencija mora biti visoka, odnosno dozimetri bi trebalo da registruju ekspozicionu dozu zračenja od 1 mR ($2,58 \times 10^{-8} Ckg^{-1}$) ili 10 mR ($2,58 \times 10^{-7} Ckg^{-1}$), a emisioni spektar termoluminescencije da se nalazi daleko od infracrvene oblasti. Najpogodnija temperatura na kojoj se pojavljuje pik TL krive isijavanja je izmedju 180°C i 280°C - jer je u ovom temperaturskom intervalu zanemarljiv fading, dok je za $T_{max} > 300°C$ visoka emisija infracrvenog zračenja grejne podloge. Takodje je poželjno da TLD ne sadrži više od jednog izraženog pika, da nije toksičan, itd. Iako je termoluminescencija vrlo rasprostranjen fenomen, i postoji veoma veliki broj termoluminescentnih materijala, relativno mali broj ispunjava stroge zahteve za korišćenje u ličnoj dozimetriji. Najčešće korišćeni TLD su LiF, $Li_2B_4O_7$:Mn, $CaSO_4$:Dy/Tm, CaF_2:Dy/Mn, itd. U tabeli br.1 je dat pregled TL dozimetara koji se najčešće

Tabela br.1. - TL dozimetri koji se koriste u ličnoj dozimetriji

Materijal	Aktivator	Fabrički naziv	Proizvodjač
BeO	Na,Li		Matsushita,Osaka, Japan
BeO	Si,Fe,Mg	Termalox 995	Bruch Beryll.
BeO	?		Consolitated,Beril-lium.Ltd. Milford Haven,Wales,U.K.
$Li_2B_4O_7$	Mn		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
$Li_2B_4O_7$	Mn,Si		Danish AEC,Risö Roskilde,Denmark
LiF	Mg,Ti	TLD-100	Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
^7LiF	Mg,Ti	TLD-700	"
^6LiF	"	TLD-600	"
LiF	Mg,Na	PTL 710	CEC Montrouge,France
^7LiF	"	PTL 717	"
LiF	Mg,Ti	200-Ti	Dohna-lum,VEB,Fluor-werke,Dohna,East Germany
LiF	Mg,Ti	Throw-away	Radiat.Detect.Co Mountainview,Calif.
$CaSo_4$	Dy		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
$CaSO_4$	Tm		Matsushita,Osaka,Japan
$CaSO_4$	Mn		Harshaw Chem. Cleveland,Ohio
CaF_2	Dy		"
CaF_2	Mn		"
CaF_2	Mn		EG & G,Salem,Mass.
Mg_2SiO_4	Tb		Dai Nippon Toryo Co., Chigosaki,Japan
$Mg_2B_4O_7$	Tb		"

koriste u ličnoj dozimetriji.

Fundamentalna i primenjena istraživanja u oblasti termoluminescencije i termoluminescentne dozimetrije, kao i veliki interes za ovu oblast, vodi ka neprekidnom pronalaženju novih, kvalitetnijih TL materijala. Pri tome se teži da svaka zemlja ima sopstvene TL dozimetre da bi se na taj način obezbedila nezavisnost od uvoza. Odabiranje najpogodnijeg tipa, odnosno tipova TLD zavisi od tehničkih i ekonomskih uslova neke zemlje, odnosno centra, pri čemu treba imati u vidu da svaki lični dozimetar sadrži najmanje dva TL dozimetra, dok je za kontrolu osoblja koje ima veći rizik od ozračivanja, poželjno da postoje bar tri TLD od kojih treći služi za proveru u slučaju akcidentalnih ozračivanja. Takodje se postavljaju pitanja koja lica kontrolisati, koju vrstu zračenja, koju energiju i nivoe doza zračenja meriti; kolika je preciznost potrebna s obzirom da je povećan interes za uticaj niskih doza zračenja na čovekov organizam, kakav je oblik personalnog dozimetra najpogodniji, o centralizaciji lične dozimetrijske kontrole, o nivou automatizacije i korišćenju rezultata, kompjuterskoj obradi rezultata, itd. Na osnovu diskusije, mišljenja, i zaključaka velikog broja eksperata iz oblasti personalne dozimetrije, jasno je da automatizacija ima apsolutna preimućstva u pogledu brzine i tačnosti očitavanja u velikim centralizovanim laboratorijama, ali pri tome treba imati u vidu da uvek pored automatizovane aparature mora da postoji i manuelni sistem za slučaj pojedinačnih, spornih slučajeva. Ideja o centralizaciji lične dozimetrijske kontrole i kompjuterskoj obradi rezultata lične dozimetrijske kontrole, ostvareno je u više centara u svetu koje su uvele visokoautomatizovanu kontrolu pomoću TL dozimetara: CNEN (Italija), Kanada, PTB (Berlin), Francuska (Fontenay-aux-Roses), Harwell (NRPB), Finska (IRP, Helsinki), itd. U pogledu frekvencije očitavanja dozimetara, postoji tendencija i preporuka eksperata da se produži period monitoringa od 3 - 12 meseci za osoblje koje nije neposredno izloženo izvorima zračenja, a od 1 - 3 meseca za osoblje koje je direktno u kontaktu sa izvorima zračenja (HOT laboratorije, reaktori, NE, lekari medicinsko osoblje u direktnoj primeni radioizotopa i RŌ aparata) što je bilo nemoguće sa film dozimetrima. U više laboratorijskih testova[8,9] je pokazano da i pored idealnih uslova pri

eksponiranju i razvijanju, film dozimetri daju daleko nepreciznije rezultate od TL dozimetara. Jedan od osnovnih argumenata koji se daje film dozimetrima jeste činjenica da je jeftin. Medjutim, posle prvog ulaganja u novu metodu, razlike nestaju, tim više što se isti TLD mogu koristiti praktično neograničen broj puta.

Nema sumnje da je lična dozimetrija u celom svetu ušla u period promena, došlo je vreme da se reše neki stari problemi, da se redefinišu potrebe, i kritički pristupi analizi postojeće metode, film dozimetrije, kao i načinu sprovodjenja personalne dozimetrije. Naime, ako već postoji bolja metoda od postojeće, obaveza svih stručnjaka jeste da prihvate tu metodu sve do onog dana kada se pojavi nova, još kvalitetnija metoda.

3. Zaključak

Termoluminescentna dozimetrija je, zahvaljujući svojim superiornim osobinama u odnosu na ostale tipove dozimetrijskih sistema čvrstog stanja, prihvaćena kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u oblasti personalne dozimetrije i na taj način zamenila, u ovoj oblasti najviše korišćen sistem - film dozimetre. Prednosti TL dozimetara u odnosu na film dozimetre i ostale metode dozimetrije čvrstog stanja, uslovile su naglu ekspanziju termoluminescentne dozimetrije u svim zemljama sveta koje primenjuju nuklearnu energiju i izvore jonizujućeg zračenja.

Termoluminescentna dozimetrija uvodi nov kvalitet u ličnu dozimetriju, a to su visoka pouzdanost, tačnost, i osetljivost, kao i mogućnost uvodjenja automatizacije procesa merenja. Široke mogućnosti primene TL dozimetrije koje nisu svojstvene ni jednoj do sada poznatoj integralnoj dozimetrijskoj metodi, njena fleksibilnost, odnosno mogućnosti korišćenja istog TLD sistema koji se koristi za ličnu dozimetriju i za druge namene, posebno za radijacioni monitoring okoline, u medicini, interkalibracijama i standardizaciji radijacionih polja, izvora zračenja i dozimetara, interkomparacijama dozimetrijskih sistema, itd., pružaju osnovu za prevazilaženje i proširivanje standardnih postupaka i metoda u problematici dozimetrije zračenja.

Reference

1. J.Eggert und F. Luft, Röntgenpraxis 1, 188, 1929.

2. F.H. Attix, Health Physics, 22, 287, 1972.

3. K. Becker, First Asian Congress on Radiation Protection, Bombay, Dec. 16-20, 1974.

4. "Technical recommendation for the use of TL dosimetry" CCE Radioprotection - 3 EUR 5, 358, 1976.

5. D.Hahn and R.Nink, Proc. 5th Intern. Conf. Lumin. Dosimetry, 14-17 February, Sao Paolo, Brazil, 175, 1977.

6. F.Daniels, Report 4th Symp. Chem. Phys. Rad. Dosimetry, Part I, Army Chem. Center, Edgewood, 148, 1950.

7. J.Lippert and V.Mejdahl, Proc. 1st Intern. Conf. Lumin. Dosimetry, Stanford, p.204, 1967.

8. P.Christensen, IAEA/SM-143/19, Vienna, 23-27, November, 1970.

9. N.W. Julius, K.K. Shvarts, H.Francois, A.O. Sharmann (Panel Discussion) Proc. 4th Intern. Conf.Lumin.Dosimetry, Krakow, 1974.

ISKUSTVA U LIČNOJ DOZIMETRIJSKOJ KONTROLI POMOĆU TLD PROIZVEDENIH U IBK - VINČA

Dr Mirjana Prokić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",Vinča

Abstract - Laboratorija za zaštitu od zračenja u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, prvi put je u našoj zemlji uvela ličnu dozimetrijsku kontrolu pomoću termoluminescentnih dozimetara sopstvene proizvodnje. Lična dozimetrijska kontrola pomoću TL dozimetara omogućila je precizno merenje doza zračenja u šest laboratorija u IBK kao i u nekoliko zdravstvenih i drugih organizacija.

1. Uvod

U Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, u Laboratoriji za zaštitu od zračenja, razvijeni su termoluminescentni dozimetri visoke osetljivosti [1,2].Osvajanje tehnike preparacije velikog broja TLD u obliku pogodnom za rukovanje - sinterovanih TLD - omogućilo je serijsku proizvodnju velikog broja TLD kao i jednostavnije i brže rukovanje sa TL dozimetrima u toku procesa merenja doze zračenja[3].

Institut "Boris Kidrič", Vinča (Laboratorija za zaštitu od zračenja) je prva institucija u Jugoslaviji koja je uvela TL dozimetre kao lični dozimetar, a u skladu sa mogućnostima koje pruža Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja.

Zamena film dozimetara sa TL dozimetrima izvršena je januara 1978. godine u šest laboratorija u IBK, u Urološkoj klinici Beograd, kao i u nekim drugim institucijama, dok su SSUP Beograd, Institut bezbednosti, Aerodrom Beograd i drugi, uveli TL dozimetre kao lična dozimetrijska sredstva; takodje u VP 4309 su od juna meseca ove godine vršena uporeda merenja doza zračenja sa TL i film dozimetrima. Ukupan broj kontrolisanih lica iznosio je 560, dok je u periodu januar-novembar očitano preko 5 600 komada TLD. Povećanje

broja lica koja se kontrolišu pomoću TL dozimetara predvidja se tek uvodjenjem automatizovanog procesa očitavanja TL dozimetara.

2. Lični TL dozimetar TLD IBK-1

Lični TL dozimetar TLD IBK-1, (slika br.1 i slika br.2) za kontrolu doza gama zračenja u laboratorijama u kojima se koriste izvori gama zračenja, kao i za merenje fona, se sastoji od sinterovanog TLD visoke osetljivosti proizvedenog u IBK (LZZ) na bazi $CaSO_4$:Dy. Dimenzije ovih TL dozimetara su Ø = 6 mm debljine 0,9 mm. Za merenje doza gama zračenja energija nižih od 200 KeV sa TLD na bazi kalcijum sulfata čiji efektivni atomski broj za fotoelektričnu apsorpciju iznosi Z_{eff} = 15,3, koriste se metalni filtri (Pb) debljine 0,8 mm (slika br.3). Merenje doza X zračenja efektivnih energija nižih od 200 KeV kao i za beta zračenje, koriste se TL dozimetri sa Z_{eff} = 7,4 i Z_{eff} = 8, odnosno tkivno i približno vazduhuekvivalentni TL dozimetri takodje proizvedeni u IBK (LZZ), slika br.4. Razvijeni termoluminescentni dozimetri na bazi $Li_2B_4O_7$:Mn,Si su tkivnoekvivalentni materijali i, ujedno jedan od najviše korišćenih TLD u svetu. Variranjem veziva u procesu sinterovanja dobijeni su specijalni TLD na bazi litijumtetraborata koji su približno vazduhuekvivalentni. Dimenzije ovih TLD su Ø = 12 mm debljine 1,1 mm, mase 200 mg; takodje je osvojena metoda preparacije termoluminescentnih stakala (na bazi litijumtetraborata) koji su sečeni u pločice dimenzija 6 x 6 x 0,7 mm i 3 x 3 x 0,4 mm (slika br.4 i slika br.5). U toku prve polovine godine sva merenja su vršena paralelno sa TLD-100 (LiF), proizvodnje Harshaw Chemical Co u cilju komparacije rezultata merenja doza zračenja pomoću domaćih i komercijalnih TLD. Za merenje doza zračenja koje prima osoblje u proizvodnji radioizotopa u IBK, koriste se TL dozimetri koji se nose na ruci. U toku je, s obzirom da male dimenzije TLD to omogućavaju, merenje doza zračenja na prstima osoblja u proizvodnji radioizotopa (slika br.6). Za merenje doza od termalnih neutrona, koriste se TL dozimetri koji sadrže Li i B, sa visokim efikasnim presekom za reakciju sa termalnim neutronima (slika br.4). Doza gama zračenja u mešovitim (n,gama) poljima zračenja odredjuje se sa kalcijum sulfatnim TL dozimetrima čija je osetljivost na neutrone zanemarljivo niska.

3. Odredjivanje doza zračenja

Prema usvojenoj frekvenciji kontrole ozračenosti lica izloženih izvorima zračenja, očitavanje TLD vršeno je jednom mesečno. Rezultati izmerenih doza zračenja su dati kao zbir osnovnog fona i, u slučajevima sa povišenim nivoom zračenja, dodatnog ozračivanja. Visoka osetljivost TLD-$CaSO_4$:Dy dozimetara, omogućava merenje doza zračenja koje potiče od prirodnog fona i za period mnogo kraći od mesec dana. Sinterovani TL dozimetri na bazi $CaSO_4$ koji se koriste u ličnoj dozimetrijskoj kontroli imaju visoku osetljivost i omogućavaju merenje ekspozicionih doza od 0,5 mR; ekspozicije od 10 mR merene su sa standardnom devijacijom od svega $\pm 3\%$.

Kalibracija TL dozimetara, odnosno poredjenje očitane vrednosti emitovane termoluminescencije za poznatu dozu zračenja, vršeno je sa radioaktivnim izvorom Ra-226. Kalibracija TLD osetljivih na termalne neutrone, vršena je na termalnoj koloni reaktora RA, dok je za beta zračenje energija jednakih i viših od 1,0 MeV vršena sa kalibrisanim ^{90}Sr (^{90}Y). Osetljivost oba tipa TL dozimetara se nije menjala u funkciji broja (10 puta) ponovnog korišćenja istih dozimetara, tako da, uz odgovarajuću kalibraciju TL analizatora, kalibraciju TL dozimetara je dovoljno vršiti svaka tri meseca. Naime, TL dozimetri koji su korišćeni od januara o.g. nisu promenili svoje karakteristike do danas. Standardno temperaturno tretiranje TL dozimetara pre ozračivanja se sastoji od tretiranja u toku 15 minuta na 300°C i neobaveznog tretiranja u toku 16 časova (preko noći) na 80°C; ovaj niskotemperaturski tretman utiče na stabilizaciju elektronskih trapova odgovornih za glavni dozimetrijski pik, odnosno na povećanje osetljivosti TLD u odnosu na dozimetre tretirane po standardnom postupku, za oko 20%. Merenja su vršena sa Harshaw Model 2000 TL Analyzer (slika br.7).

4. Diskusija rezultata

Najniže doze zračenja, odnosno fon za lica koja nisu profesionalno izložena izvorima zračenja, kreće se u zavisnosti od lokacije objekta (da li se Laboratorija nalazi u IBK ili ne), kao

i od tipa gradjevinskog materijala zgrade u kojoj osoblje provodi pretežni deo radnog vremena, u granicama od 6 - 10 mrem/mesečno.

U okviru lične dozimetrijske kontrole pomoću TL dozimetara, prvi put su registrovane doze zračenja ovako niskih vrednosti i na taj način je omogućeno da medicinska kontrola ima evidenciju i vrši analize uticaja malih doza zračenja na ljudski organizam. Doze zračenja iznad fona takodje predstavljaju podatke sa, do danas najtačnije izmerenim vrednostima doza zračenja koje su primila lica profesionalno izložena zračenju, i koje, na medicinskom i zakonodavnom planu predstavljaju sigurne parametre za preduzimanje akcija, odnosno donošenje propisa i beneficija za lica profesionalno izložena dejstvu zračenja. Analiza vrednosti doza zračenja izmerenih sa TL dozimetrima za različite grupe lica profesionalno izloženih zračenju, biće tema buduće publikacije.

Visoka osetljivost, tačnost, odnosno veća pouzdanost izmerenih vrednosti doza zračenja pomoću TL dozimetara su direktna potvrda neophodnosti prihvatanja novih, kvalitetnijih metoda i tehnika detekcije doza zračenja u oblasti lične dozimetrije.

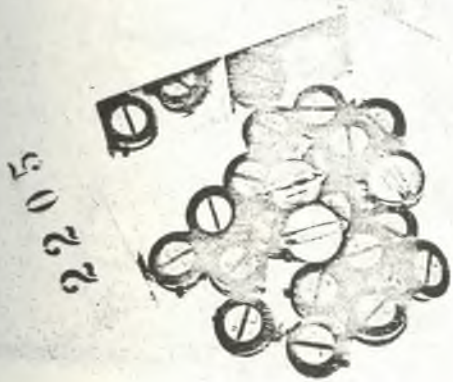
Reference

1. M.Prokić, Doktroska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1976.

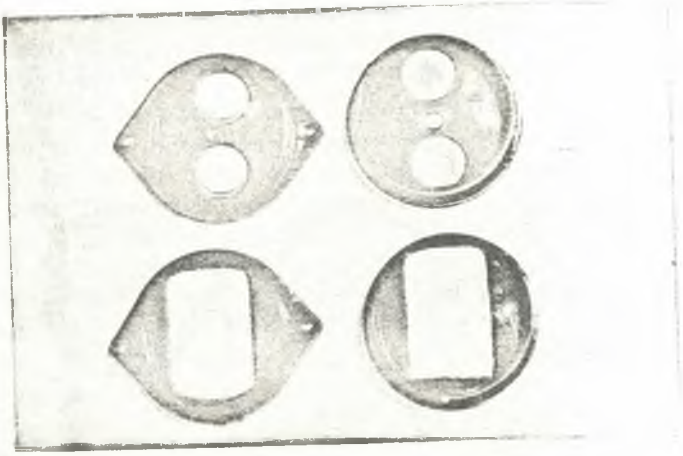
2. M.Prokić, Zbornik radova X simpozijuma JDZZ, Jajce, str.6, 1977.

3. M.Prokić, Nucl.Instr.Meth., 151, 603, 1978.

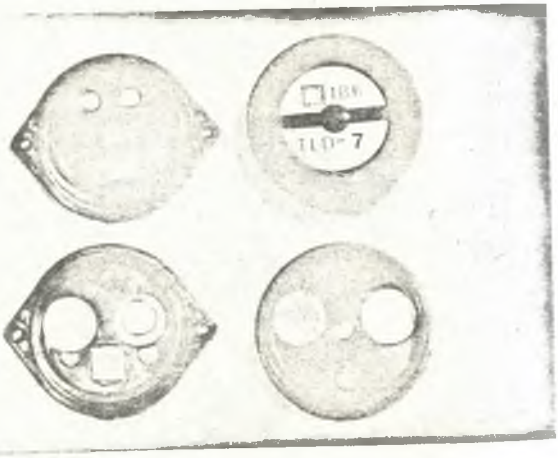
Slika 1



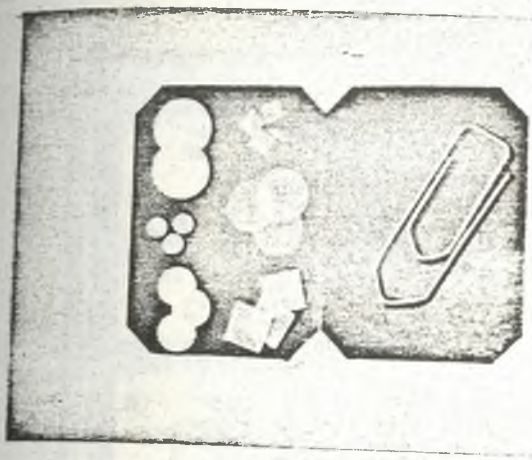
Slika 2



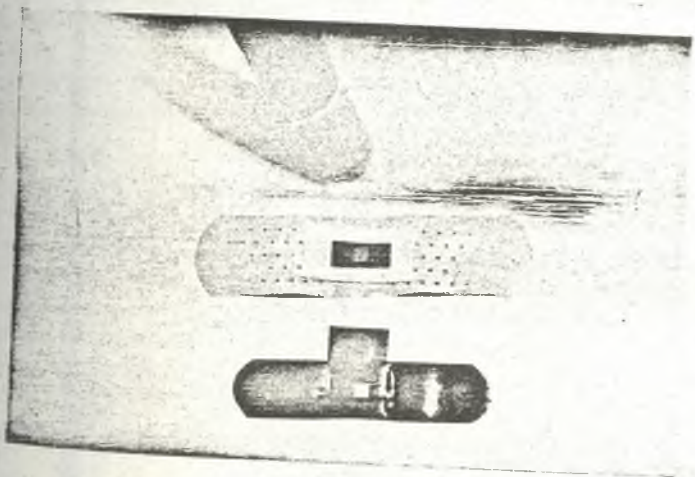
Slika 3



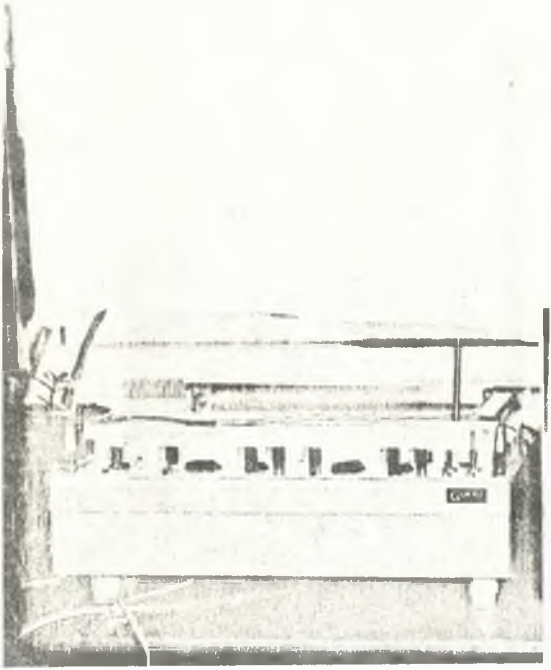
Slika 4

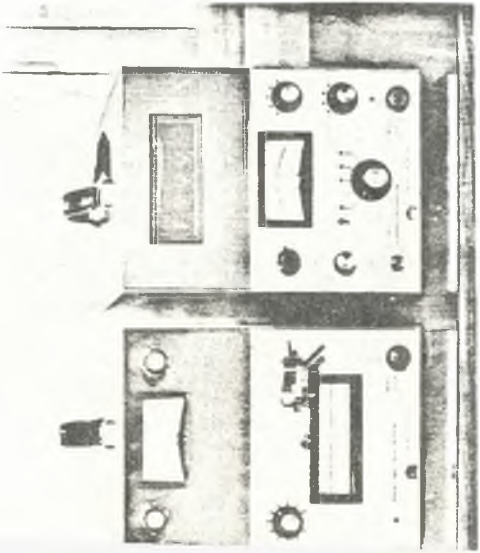


Slika 5



Slika 6





REZULTATI UPOREDNE DOZIMETRIJSKE KONTROLE POMOĆU TERMOLUMINESCENTNIH - DOZIMETARA I FILM - DOZIMETRA

(prethodno saopštenje)

Dr Mirjana Prokić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",Vinča

Mr Radica Mijailović
Zavod za preventivno medicinsku zaštitu Beograd
VP-4309

1. U v o d

Termoluminescentna dozimetrija (TLD) poslednjih godina zamenjuje film-dozimetriju u mnogim zemljama sveta koje koriste izvore jonizujućeg zračenja. Visoka osetljivost, pouzdanost i brzina dobijanja rezultata, kao i druge prednosti i pogodnosti (TLD), bili su povod da se izvrše prva ispitivanja i u nas. U tom cilju je organizovana saradnja sa Institutom "Boris Kidrič" (Laboratorijom za zaštitu od zračenja) u kojoj se komercijalno proizvode termoluminescentni dozimetri.

U cilju uporedjivanja rezultata lične dozimetrijske kontrole pomoću TL dozimetra i film-dozimetra, oba načina su korišćena uporedo. Ispitivanja su izvršena u 50 lica izloženih izvorima jonizujućeg zračenja. Vremenski intervali u kojima su vršena komparativna merenja su iznosila jedan i dva meseca. Termoluminescentni dozimetri su proizvedeni, očitavani i rezultati merenja interpretirani u IBK (Laboratorija za zaštitu od zračenja). Film-dozimetri u ovim ispitivanjima su standardni i koriste se više od 15 godina u ličnoj dozimetrijskoj kontroli osoblja koje je izloženo dejstvu X zračenja u sanitetskim ustanovama.

2. Rezultati uporedne kontrole

Rezultati koji su dobijeni u komparativnim merenjima TL dozimetara i film-dozimetara, pokazali su dobro slaganje, kako za doze zračenja koje su primila lica izložena zračenju, tako i za relativno visoke vrednosti ekspozicionih doza X zračenja E_{eff} = 60 KeV kojima su, film-dozimetri zajedno sa TL dozimetrima bili izloženi u cilju provere slaganja za (relativno) visoke ekspozicije.

U tabeli br.1 dati su komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL i film-dozimetara u toku jula i avgusta meseca ove godine. U tabeli br.2 dati su komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL i film-dozimetara ozračenih sa E_{eff} = 60 KeV.

3. Zaključak

Rezultati uporedne dozimetrijske kontrole pomoću TLD i film-dozimetara pokazali su da se, zbog niže osetljivosti film - dozimetara (preko 30 mR) od TL dozimetara (više od 0,5 mR), mogu sa sigurnošću porediti vrednosti ekspozicionih doza zračenja tek preko 30 mR. Za više vrednosti doza zračenja slaganje je zadovoljavajuće. Visoka preciznost merenja doza zračenja sa TLD (±5%) kao i mogućnost merenja najnižih doza zračenja (fona u objektima) nedvosmisleno govori u prilog postepene zamene film-dozimetara sa TL dozimetrima.

Tabela br.1. - Komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL dozimetara i film-dozimetara koje je primilo osoblje u VP-4309 u toku jula i avgusta meseca 1978. godine

Broj dozimetra	D o z a (mrem)	
	TLD	film
1	2	3
5	450	400
8	97,5	75
16	103	115
17	380	360
31	380	300
33	125	100
35	85	50
39	160	140
44	55	40
48	90	70
49	152	120
1	71	40
35	32	40
38	34	45
38	78	55
41	58	45
45	50	60
46	68	60
1	18	ispod 30
2	18	ispod 30
3	18	ispod 30
4	20	ispod 30
6	16	ispod 30
10	8	ispod 30
13	13	ispod 30
24	13	ispod 30
25	13	ispod 30
22	8,8	ispod 30

1	2	3
28	15	ispod 30
29	13	ispod 30
36	15	ispod 30
37	15	ispod 30
43	24	ispod 30
6	20,6	ispod 30
8	22	ispod 30
9	21	ispod 30
14	19	ispod 30
15	19	ispod 30
18	22.5	ispod 30
19	22	15
20	20	ispod 30
21	17,5	ispod 30
23	12	ispod 30
26	10	ispod 30
28	8	ispod 30

Tabela br.2. - Komparativni rezultati izmerenih doza zračenja pomoću TL dozimetara i film-dozimetara ozračenih X zračenjem E_{ff} = 60 KeV

Broj dozimetra	D o z a (mrem)	
	TLD	film
11	2000	2100
31	1700	1690
32	1400	1360
43	2000	2200
50	38	25

Pitanja za referate Dr M. Prokić:

1. Koja je donja granica osetljivosti za vaše dozimetre?
Odgovor:
Donja granica osetljivosti za TL dozimetre na bazi $CaSO_4$:Dy je 0,5 mrad.

2. Da li dolazi do promene osetljivosti TL dozimetara posle odredjenog broja ciklusa ozračivanja - otčitavanje?
Odgovor:
Osetljivost TLD-IBK dozimetara se nije promenila u toku deset meseci korišćenja istih TL dozimetara u ličnoj dozimetrijskoj kontroli.

3. Da li upotrebljavate neki "annealing" postupak?
Odgovor:
"Annealing" postupak odnosno termičko tretiranje TL dozimetara pre ozračivanja je dat u članku.

4. Da li imate fading ?
Odgovor:
Fading, ili spontano opadanje intenziteta termoluminescencije za period od 40 dana je za dozimetrijske pikove oba TL materijala zanemarljiva.

5. Da li ste proverili odgovor dozimetra pod ekstremnim uslovima, tj. na $-20^{o}C$ i $+70^{o}C$?
Odgovor:
Na temperaturi od $70^{o}C$, opadanje TL za $CaSO_4$, iznosi svega nekoliko procenata, za $Li_2B_4O_7$:Mn,Si iznosi 15%.

6. Da li ste vršili uporedjivanje tačnosti odgovora TL i film - dozimetara za uslove u ličnoj dozimetriji?
Odgovor:
Rezultati uporedne dozimetrijske kontrole sa film i TL dozimetrima dati su u referatu Dr M.Prokić i Mr R.Mijailović.

LIČNA DOZIMETRIJA U INSTITUTU "JOŽEF STEFAN"

M.Mihailović, M.Ančik
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

U sledećem ćemo ukratko izneti metode merenja doza profesionalno izloženih lica, rezultate merenja doza u zadnjih sedam godina, kritički pregled stanja u ličnoj dozimetriji, te planovima za budućnost.

Služba lične dozimetrije na Institutu "Jožef Stefan" počela je sa radom u toku 1959. godine. Prihvaćena je metoda merenja doza gama zračenja pomoću filmova, koju su i isto vreme usvojili svi republički centri za zaštitu od zračenja. Upotrebljavani su Adox filmovi i kasete sa tri bakarna filtra različite debljine. S obzirom na izvore zračenja koji su tada bili u upotrebi na institutu odredjivana je samo gama doza. Umeravanje filmova je vršeno na radioterapijskom rentgenu Stabilipan.

Neutronska doza je odredjivana čitanjem tragova na emulziji neutronskih filmova. Filmovi su bili baždareni na Po-Be neutronskom izvoru.

Pregled rezultata merenja doza na Institutu u toku zadnjih sedam godina je dat u Tabeli 1. Broj filmova koji je bio iznad, tj. broj pročitanih doza, zavisio je od aktivnosti na institutu. Tako vidimo da je broj filmova od 1970 do 1977. opao za približno 20%, što je došlo kao posledica prestanka aktivnosti na radiobiologiji.

Rezultati merenja pokazuju da se procenat doza na godinu koje su veće od 50 mrem smanjivao, tako da je od 3,31% u 1970. godini bio 1,78% u 1977. godini. U sledećim intervalima doza, od 50-100 mrem, od 100-150 mrem opaža se isti trend, tj. procenat doza na godinu u pojedinim intervalima se smanjuje, od 1970 do 1977.

godine, osim u intervalu od 150-200 mrem gde imamo da je u 1970. godini bila 0,34% a u 1977. godini isto toliko, 0,34%, doza u tom intervalu. Stalan doprinos prekoračenju doza u tom intervalu dolazi od filmova, koje nose lica zaposlena na odseku za nuklearnu kemiju i laboratoriji za pripremu izotopa.

Iz gore izloženog vidimo da služba lične dozimetrije ispunjava svoju obavezu, ali na način kako je bila zamišljena da je vrši pre osamnaest godina. U današnjim uslovima smatramo, da je obaveza lične dozimetrije mnogo veća. Evo nekoliko promena koje smatramo da treba da se izvrše. S obzirom na preporuke medjunarodne komisije za zaštitu od zračenja, smatramo da bi bilo potrebno meriti i doze manje od 50 mrem, da je potrebno ocenjivati doze u epidermi i doze u većoj dubini (tj. za uslove 5 mg/cm^2 i uslove za 100 mg/cm^2), potrebno je obuhvatiti i doprinose beta doza mada se oni pojavljuju samo povremeno, mnogo više pažnje treba posvetiti kvalitetu merenja doza. Pod tim mislimo kalibraciju dozimetara pomoću baždarenih instrumenata i izvora zračenja u svim područjima zračenja kojima će dozimetri biti izloženi, dobro poznavanje osobina detektora zračenja, film ili TL dozimetra (što bi omogućili tačnu interpretaciju pročitane doze), obavezna interkomparacija merenja sa drugim laboratorijama.

Grupa za zaštitu od zračenja na Institutu je pre dve godine odlučila da, s obzirom na veće mogućnosti za postizanje boljeg kvaliteta merenja, te jednostavnosti rukovanja, umesto film uvede TL dozimetar. Naručili smo Harshaw čitač 2000, te dozimetre sa kasetama namenjene merenju rentgenskih, gama, beta i neutronskih doza. Počeli smo sa kalibracijom dozimetara i aparature i nadamo se da ćemo u toku sledećih par meseci preći potpuno na TL dozimetriju.

Nerešeno pitanje ostaje još mogućnost kalibracije dozimetara pomoću baždarenih instrumenata i izvora zračenja. Pitanje formiranje laboratorije za kalibraciju instrumenata za merenje ionizirajućeg zračenja i laboratorije sa standardnim izvorima ne može brzo da se reši, zato smo predvideli da koristimo mogućnosti za kalibraciju koje imamo u Ljubljani i u drugim mestima, s tim da prihvatamo sve objektivne nedostatke, koji proizlaze iz takvog načina kalibracije.

Tabela 1. - Broj izdatih filmova na godinu i procenat doza od 1970. do 1977. godine

	1970.	1971.	1972.
izdati broj filmova (γ) *	1481	1347	1386
broj doza većih od 50 mrem	3,31	2,67	1,3%
od 50 - 100 mrem	1,76	0,30	0,29
od 101 - 150 mrem	0,95	1,41	0,65
od 151 - 200 mrem	0,34	0,59	0,36
preko 200 mrem	0,27	0,37	-
izdati broj neutronskih filmova	368-100%	372-100%	374-100%
broj doza većih od 50 mrem	-	-	0,27
od 50 - 100 mrem	-	-	-
od 101 - 150 mrem	-	-	-
od 151 - 200 mrem	-	-	-
preko 200 mrem	-	-	-

*Izdati broj filmova = 100%.

u različitim intervalima

1973.	1974.	1975.	1976.	1977.
1303	1209	1083	1040	1167
1,00	0,91	2,03	2,21	1,78
0,31	0,25b	0,28	1,35	1,11
0,31	0,17	1,29	0,58	0,26
0,31	0,25	0,37	0,29	0,34
0,08	0,25	0,09	-	0,09
404-100%	439-100%	438-100%	423-100%	452-100%
-	5,01	0,68	0,47	-
-	4,56	0,68	-	-
-	0,23	-	-	-
-	0,23	-	-	-
-	-	-	-	-

THE NRPB AUTOMATED THERMOLUMINESCENT DOSEMETER AND DOSE RECORD KEEPING SYSTEM

T.O.Marshall

NRPB, Harwell, Didcot, Oxon. OX11 RDQ

1. Introduction

The National Radiological Protection Board is at present operating a postal dosimetry service based on film badges and supplies dosemeters from three different centres to about 35.000 individuals, of whom only about 1,000 are exposed to neutron radiation. The average customer receives ten films per issue for his employees. Of the returned films 96% indicate an exposure to radiation in one month of less than 0,040 rem, 99% to less than. 0,100 rem and only 0,04% to more than 1 rem; ie, only about one or two dozen dosemeters in each month indicate doses approaching the maximum permissible levels. The system relies heavily on manual labour for both film processing and the transmission of data, with the inevitable introduction of errors and rapidly increasing costs. Many of the customers have a high turnover of staff employed on radiation work and the system of maintaining dose records for individuals through Transfer Records is difficult and time consuming in operation. These disadvantages could be obviated by the introduction of an automated dosemeter system and a centralised and computerized record keeping service. However, automated systems need to be viable for quite long periods of time to allow the development and capital costs to be amortised at a rate that does not add excessively to the unit costs of the system and, for a personal dosimetry system, twenty years would not be unreasonable. Thermoluminescence offers certain technical advantages over film and these have led to its increasing use and popularity. This trend

could lead to the virtual abandonment of film for routine personal dosimetry in the longer term and make the viability of an automated system based on that form of dosemeter doubtful. Among the advatages of radiation induced thermoluminescence must be listed the following:

- some thermoluminescent materials approximate more closely to tissue in their response to radiation than does film, and therefore can be used more easily to make a simple and accurate dosemeter suitable for the needs of the service;

- in most thermoluminescent materials the induced response to radiation is stable for long periods and dosemeters made from them can be issued for longer periods than is possible with film;

- thermoluminescent dosemeters will measure doses accurately over a much wider range than is possible with a single film emulsion;

- the same type of thermoluminescent dosemeter can be used for both routine issue and operational control dosimetry, and in the latter application allows rapid estimation of the dose;

- thermoluminescent dosemeters offer substantial advantages of accuracy for extremity dosimetry, and in this application can employ the same materials and methods as those used for body dosimetry.

Feasibility studies within the Board indicated that the cost of issuing an automatically-processed thermoluminescent dosemeter gould be cheaper, even after allowing for development costs and interest charges on the capital employed, than the current cost of issuing film dosemeters, which does not include development costs. These studies also indicated that adequate precision, accuracy and stability could be achieved with a dosemeter based on

lithium fluoride embedded in polytetrafluorethylene as the thermoluminescent element. The difference in cost between an automated thermoluminescent dosimetry system and an automated photographic film dosimetry system was not sufficiently large to become a significant factor in a choice between such systems.

Towards the end of October 1973 the Board prepared, with the help and advice of the Sira Institute, a technical specification for a fully automated personal dosemeter system based on thermoluminescence and suitable for the needs of the Board´s service. Several manufacturers were approached with an invitation to tender for the detailed design and subsequent manufacture of the major parts of the system; other parte are being designed and manufactured by the Board. The Board was willing to receive either conforming or nonconforming tenders. Conforming tenders were those that corresponded to the technical concepts evolved within the Board; nonconforming tenders were those which achieved the same objective ie, a fully automated system, but departed in some significant way in their technical details from those called for by the Board. Three tenders were received. After evaluation with the assistance of the Sira Institute, the contract was awarded to a consortium of Frazer-Nash Ltd. and D.A. Pitman Ltd., who submit ed a conforming tender. An advantage of their proposed system was its suitability for the exact requirements of the Board´s service, in particular the reggedness of the dosemeter, the security of the identification system, and a high rate of dosemeter processing.

Apart from the development and manufacture of the automated system, the development and design of a computer program to control the issue of dosemeters and to record dose histories was required. This development and design was undertaken under contract to the Board by the Environmental and Medical Sciences Division of the Atomic Energy Research Establishment of the IKAEA.

The conceptual sequence of actions for the dosimetry system is: the issue of an identified dosemeter that is wrapped to protect it from dirt, light and contamination, and labelled with the wearer´s name; the dosemeter, on return, is automatically

and recorded. By individually calibrating each dosemeter the specification of the inherent radiation sensitivity of the lithium fluoride disks can be relaxed with considerable savings in costs.

2.3. Dosemeter processing system

The processing system itself comprises several subsystems (Figure 1). Dosemeters are transferred manually between the various sub-systems in magazines holding up to 200 dosemeters. All the magazines are light-tight, apart from that used at the input to the system at the contamination check, and some can withstand a 300°C annealing temperature. The magazines that pass between the different sub-systems are not interchangeable. It is not possible, for example, to place the magazine that passes between the Reader and the Calibration Chock on to the Wrapper/Labeller machine.

The system is designed to process $5 \cdot 10^5$ dosemeters a year and could without difficulty be expanded to process twice this number. Each subsystem is capable of processing not less than 180 dosemeters an hour. The complete installation to process the required $5 \cdot 10^5$ dosemeters a year will consist of 2 contamination check machines, 2 unwrapping machines, 2 Readers and 2 Wrapper/Labellers.

2.3.1. Contamination check

On return, dosemeters will be subject to a check for contamination by radioactivity. This check is mainly to protect the system from the contamination of dosemeters and equipment which would lead to false dose readings. However, it may also be used as an indicator of the nature of the recorded exposure to radiation. It is anticipated that it will be possible to detect levels of activity that are greater than $2 \cdot 10^{-4}$ µCi of alpha activity or $2 \cdot 10^{-3}$ µCi of 2 MeV beta activity. Contaminated dosemeters will be ejected from the system for inspection and possibly for manual processing. In general, it may be expected that only contamination by the radioisotopes with comparatively long half-lives will be detected.

2.3.2. Unwrapping

After the check for radioactive contamination, the wrapped dosemeters will be fed through a machine that automatically removes the outer plastic cover and loads the dosemeters into light-tight magazines.

2.3.3. Read-out

The dosemeter Reader consists of a circular indexing table (Figure 4) that holds up to seven dosemeters at one time. The principal stages of the reading process are:

(i) the identity of the dosemeter is read as it is extracted from the magazine and loaded onto the indexing table,

(ii) the first thermoluminescent disk is read,

(iii) the second thermoluminescent disk is read,

(iv) the opacity is checked to ensure that the disks have not become discoloured and are still in place, and,

(v) the disks are annealed by raising their temperature to 280°C for 15 seconds.

The dosemeter may be ejected automatically at the following stations in the Reader:

(a) At the input, if the identity code is misread or corresponds to one that has been preset in the control computer; ie, if it is required to remove specified dosemeters from the system for any reason.

(b) After the second read-out stage, if dose readings exceeding preset values (= 2 rem) are obtained from either disk. (Doses of more than 2 rem can be re--read by a technique using uttra violet light).

(c) After the opacity check, if this falls outside proset lower and upper limits.

If the dosemeter is not ejected at any of the above stations, it will be fed into one of two magazines, depending on its past hirtory of accumulated dose and the number of times that it has been issued. Normally, each dosemeter will be fed into a magazine for a low temperature anneal and re-issue, but, alternatively, may be fed into another magazine for recalibration.

The feasibility studies by the Board have shown that, unless very high radiation doses are given, it is possible to carry out up to forty of more cycles of irradiation and read-out of polytetrafluorethylene diska loaded with lithium fluoride with negligible change in sensitivity or background. However, it has been thought prudent to plan initially for recalibration of the dosemeters after every ten normal issues.

The indexing table is divided into eight sectors, seven for dosemeters and the eighth for a light source which is used to chack the photomultiplier responses at the read stations. Each sector passes sequentially through eight stations, ie, dosemeter input, read disk 1, read disk 2, high dose reject, opacity check and reject, partial high temperature anneal, normal output for dosemeters, and output for dosemeters requiring a calibration check.

The following parameters are monitored on the Reader, in addition to the light source chack:

the shape of the thermoluminescent glow curves.

the heating cycles. (The disk heaters are raised from $100^{o}C$ to $280^{o}C$ at a rate of $15^{o}C\ sec^{-1}$, and the light emitted from the disk between $130^{o}C$ and $280^{o}C$ is integrated).

the applied voltage, dark current and light seal of the photomultiplier. (The applied voltage is automatically adjusted to maintain a constant gain, but only a certain range of adjustment is allowed).

the temperature of the annealing block.

the flow of nitrogen gas to the read positions.

Other checks are applied to manitor the movements of the various mechanical components of the Reader.

All the chocks and monitoring procedures cause information to be supplied to the controlling computer, which can provide a stored history of operation and a print-out of information. Some of the information may be displayed locally on the Reader, eg, dosemeter numbers, disk readings, temperature of heaters, photomultiplier voltage, gas flow and some local indication of fault conditions.

2.3.4. Low temperature anneal

Before re-issue, the dosemeters will be subjected to a low temperature anneal of 80°C for 16 hours to normalize the glow curve response to one main peak. In exceptional circumstances, for example after a dosemeter has been exposed to a large dose (ie, greater than the equivalent of 2 rem), it is also possible to introduce a high temperature anneal of 300°C for 1 hour before the low temperature anneal. The annealing ovens are designed to accommodate full magazines containing 200 dosemeters.

2.3.5. Packaging and labelling

After the low temperature anneal, the dosemeters in their magazines are passed to the Wrapper/Labeller (Figure 5). In this machine the dosemeter identity is read; the dosemeter is automatically wrapped in the plastic cover, which is heat sealed; and a new wearer's name and other information are printed on the plastic cover. The wrapped dosemeters are fed out of the machine into long trays with identifying tage placed between groups of dosemeters for different customers. Dosemeters for which the identity is misread, or whose identity corresponds to one that has been preset and stored in the control computer, are wrapped and appropriately labelled and ejected into a separate output from the normal.

As well as the wearer's name, the information printed on the plastic cover of the dosemeter includes a number that identifies the wearer to his parent organization (eg, his pay number), a number that identifies the parent organization or customer to the Board, and the date when the dosemeter should cease to be worn and returned to the Board. This information will be visible when the dosemeter is in the plastic holder that is retained by the wearer.

2.3.6. Calibration check

Dosemeters that require recalibration, after being fed into the appropriate magazine on the Reader, will be transferred to the calibration machine by way of the low temperature annealing oven. In this machine the dosemeter identity is read and each thermoluminescent disk subjected to about 0.5 rem of penetrating beta-radiation. The machine is under the control of the local computer, which can cause the irradiation to be omitted, if required. The irradiated dosemeters are fed into a magazine which is passed back to the Reader, where the disks are read and the calibration factors calculated and stored in the computer.

2.3.7. Local computer

The local computer, which forms part of the system, is a Data Equipment Corporation PDP11/10 with facilities for reading from and writing on to magnetic tapes and disks, and for printing-out information either on a teletypewriter or a fast line printer. Although all the sub-systems can be operated directly by manual controls, they will normally respond to typed commands on the computer teletypewriter keyboard.

The function of the computer is to control, monitor and record data from the various sub-systems. Each day the computer will receive a list of customers and persons to whom dosemeters are to be issued as the Issue File written on magnetic tape. This tape is prepared by the computer program (DIRK) in an IBM 370 computer that is responsible for all dosemeter issue information, the

preparation of despatch instructions and the recording and storage of individual dose records. This program is described below (Section 3). The PDP11/10 computer controls the labelling of the dosemeters by the Wrapper/Labeller using information from the Issue File and also prepares on magnetic tape the Issue Return and Dose Return Files which return information to the DIRK computer program in the IBK 370. The Issue Return File associates wearer's names with identified dosemeters, and the Dose Return File contains the dose measurements obtained from identified dosemeters that have been returned to the system.

As well as handling and preparing information for exchange with the record keeping system in the main computer, the local computer will maintain a diary on magnetic tape of all events and data generated within the automated system. This diary provides an overall chack of the system and will aid recovery from any equipment breakdown. As an additional safeguard against failure all information generated by the system is stored on both magnetic tape and magnetic disk.

The local computer maintains a file of information about each dosemeter used by the system. Records for up to 200,000 dosemeters can be kept in this file, which can be used to locate any dosemeter within the system. It will keep the latest calibration factors for each dosemeter, the number of cycles of issue since the last calibration, and the total accumulated dose during these issues.

3. Outline of the Dosemeter Issue and Record Keeping System

As from late 1975 it is anticipated that the entire NRPB personal dosimetry service will be controlled by a computerised dosemeter issue and record keeping system known by the acronym, DIRK. Figure 6 shows in schematic form the relationships between the components of the dosemeter service, the Board's Finance Office, the customers of the service and the Health and Safety Executive. A customer is defined as any organization or person who is responsible for moninating people to wear dosemeters and

may have responsibility for maintaining a record of received radiation doses.

Although the whole philosophical basis of DIRK and the automated thermoluminescent dosemeter service is that of maintaining secure dose histories of individuals and relieving the customer of the necessity to keep records and issue Transfer Certificates, the customer need not make use of these facilities, in which case the system will merely issue dosemeters and the results of their evaluation. It is intended, however, that the system shall be capable of absorbing records of dosemeter measurements from other dosimetery services so that a truly national dose record system can be provided eventually.

3.1. The Records and Despatch Offices

At the heart of the dosimetry service will be an office called for the purposes of this description the Records Office, which is responsible for administrative control. The DIRK system will be maintained on the main AERE IBM 370 computer at Harwell and operated from the Records Office. On instructions from the Records Office, information and documents will be issued by the DIRK system. Documents containing dose record information will be issued as required to customers and to the Health and Safety Executive. Documents relating to accounting information will be sent to the Finance Office. Despatch notes and pre-addressed labels for the issue of dosemeters will be sent to an office called the Despatch Office for the purposes of this account. This office will also receive the magnetic tape containing the Issue File of persons to whom the addressed dosemeters should be issued by the automated thermoluminescent dosemeter system.

The Despatch Office will be responsible for operating the automated thermoluminescent dosemeter system, and also for the issue of film dosemeters, neutron dosemeters and extremity thermoluminescent dosemeters (it is thought that there may be a residual small demand for film dosemeters in some special applications where, when significant exposures to radiation occur, the type of radiation may

be uncertain and difficult to determine by any other method). Although only thermoluminescent body dosemeters will be issued to named individuals, DIRK is so constructed that it may eventually be possible to issue other dosemeters on the same basic. Thermoluminescent body dosemeters may in some circumstances be issued on an "unspecified" basis, ie, without being labelled with a specific wearer's name, in which case the dosemeter will be labelled with a unique serial number.

All types of dosemeter supplied by the Board will be issued from the Despatch Office at Harwell, but only the thermoluminescent body and extremity dosemeters will be returned to and processed by this Office. The results of the evaluation of the returned dosemeters will be sent from the Despatch Office to the Records Office in the case of the thermoluminescent body dosemeters as the Dose Return File from the PDP11/10 computer. Film dosemeters will be returned to and processed by the Board's Scottich Centre at Glasgow, which will return dosemeter information directly to customers and, when appropriate, to the Records Ofice. Nuclear emulsion neutron dosemeters will be returned to and processed by the Board's Northern Centre at Leeds, which, like the Scottish Centre, will return dose information to both customers and the Records Office.

3.2. The DIRK system

DIRK is based on the maintenance of five information files whech are:

(i) Master Detail Fine: this contains details of customers' addresses, their requirements for dosemeter issues and dose record keeping, and records of dosemeter issues. The File also contains for those individuals for whom dose records are kept, details of their employment address, their sex and date of birth as well as records of dosemeter measurements relevent to these individuals and summaries of their accumulated quarterly doses for the current and previous calendar years. Records of thermoluminescent body

dosemeter measurements will be kept separately from the records of other dosemeter measurements, some of which may originate from dosimetry services other than the Board's.

(ii) Archive Detail File: this contains details of any customers who have ever made use of the service and the summarised dose records of all individuals for whom dose records have ever been kept by the system.

(iii) National Insurance Number File: this contains the national insurance number of anyone for whom dose records have ever been kept by the system and cross-references to those records in the Master Detail and Archive Detail Files.

(iv) Dosemeter Master File: this contains details of all thermoluminescent body dosemeters that are, or have been, used by the dosimetry service. It contains a record of the dosemeter, the number of times that it has been issued, the total accumulated dose to which it has been subjected, and a note as to whether it has been damaged or contaminated with radioactivity.

(v) Dosemeter Serial File: this is a file that would contain details of all dosemeters other than thermoluminescent body dosemeters, if these other dosemeters were ever issued labelled with the wearer's name and other details.

At the end of each year new versions of the master Detail and Archive Detail File will be prepared, and copies of the old files will be made on magnetic tape. The old files will be kept for not less than 30 years.

As well as the five main information files, DIRK also has temporary files containing transaction records of information

that will be used to modify and up-date the information files on a daily basis. The computer programs that interrogate, manipulate and modify these files are written in the PL1 computer language. Communication between the Records Office and DIRK will be by means of teletypewriters, visual display units and punched cards. Information, including enquiries, that is not already in computer-compatible forms will be entered manually into the system by a teletypewriter incorporating a visual display. Most of this information will be entered by means of a standard "high level" language and syntax that is unique to the system.

4. Documentation

The Records Office will use DIRK to produce routinely three types of documentation concerned with the dosemeter measurements and dose records, the administration of dosemeter issues, and the internal reports relevant to the management of the system. Statistical information eg, numbers of persons exposed to annual doses within defined limits, will also be available.

Customers are expected to use the system in two possible ways. Firstly, a limited use in which merely a supply of dosemeters is obtained, and, secondly, the full use of the system when, additionally, dose records are kept for the customer. There are differences in the documentation to be issued for these two methods of use.

4.1. Customers not requiring record keeping

For those individuals for whom a customer does not require record keeping, the results of measurements made on film, neutron and extremity dosemeters will be reported on a Laboratory Certificate identical in all respects to the Factory Inspectorat's Prom 45 currently in use, but without comments as to the significance of the measurements that are often appended at the present time. When the customer is using the automated thermoluminescent body dosemeter, the Laboratory Certificate will be produced by the main computer with similar information to that given on the Prom 45.

The names of the wearers will be printed on this form, although "unspecified" issues will only be identified by the issue serial number.

The dose values reported will be either zero or, for those that exceed the threshold of the dosemeter, in units of 10 millirem. The threshold depends on the instrumental background reading of the dosemeter and the expected natural radiation background during the period of wear. The minimum recognized dose is expected to be 5 millirem, reported as 10 millirem.

4.2. Customers requiring record keeping

Customers requiring record keeping will receive several different types of report, as follows: a Notification Report of dosemeter readings exceeding certain limits, and incorporating a Warning Dose Report listing employees with high accumulated dose levels and giving notifications of over-exposures; a Missing Dosemeter Report listing dosemeters that are not returned on time to the service; and Quartely Dose Reports giving the current dose status of each employee at the end of each calendar quarter. Transfer Records or Closing Reports will be issued when an employee leaves a customer or is taken off radiation work. On special request a full record of all dosemeter measurements relevent to an individual can be obtained, if necessary over the entire period of which records have been kept.

(a) Notification Reports and Warning Dose Reports

In general. Notification Reports will only be issued when the dose measurements above the threshold exceeds the levels in Table 1. However, these reporting levels will depend in practice on the dose status of the individual. For an individual who has exceeded 60% of his permitted quarterly Maximum Permissible Dose, the values of all dose measurements will be reported. Measurements below the levels in Table 1, with the exception of dose to the eye lenses, even if not the subject of a Notification Report, will be

recorded in the Master Detail File. Dose to the eye lenses will be estimated from the body and surface doses (Section 2.1).

If an individual exceeds 60% of his permitted quarterly Maximum Permissible Dose or if he accumulates dose at a rate that indicates that the quarterly Maximum Permissible Dose could be exceeded within the quarter, then a Warning Dose Report will be included on the Notification Report.

Customers will be required to acknowledge the receipt of this type of report as well as notifications of actual over--exposures. The Warning Dose Report will contain information similar to the Quarterly Dose Report.

An imaginary example of a Notification Report is shown in Figure 7.

(b) Quarterly Dose Report

Customers using the record keeping service will receive a Quarterly Dose Report for each employee for whom active dose records are being kept. This report will contain information on the following: the doses derived from dosemeter evaluation (with notional doses for missing dosemeters) for the last calendar quarter; the doses in the previous quarters of the calendar year; the total accumulated lifetime doses; and the appropriate permitted quarterly and annual doses for the individual. No annual dose reports will be issued other than the Quarterly Dose Report for the fourth quarter of the year.

(c) Transfer Records and Closing Reports

When a registered employee either terminates his employment or stops working with radiation the system will issue, as soon as notified of the change, a Transfer Record or Closing Report for both customer and employee and, if necessary, for the Health and Safety Executive. These documents will give the dates on which record keeping begen and ceased in the employment, the doses for the current quarter and current year, the accumulated

life-time dose and any other information relevent to the dose status, eg, estimated doses due to irgested or inhaled radioisotopes etc.

5. Acknowledgements

Many individuals have contributed to the technical development of the systems described in this report. Among them are the following: from the Board, E W Mason, P N Casbolt, G M Kendall and R J Pattison; from AERE, L Salmon and C D Carter; from CAP Ltd., M J Flevell; from the Sira Institute, S E Cole; from Frazer Nash Ltd., L Hads, B Hiscock, D Griffin, D Seradi and R Fenge; from D A Pitman Ltd., M Robertson and R Sheppart.

Table 1

Reporting Levels for Notification Reports

In general, only doses exceeding the levels given in this table will be reported in Nitification Reports. The exact circumstances in which other reporting levels are used are given in the text.

Type of dose	Reporting Levels in Millirem		
	Monthly issue	Fortnightly issue	Weekly issue
Whole body or neutron	80	40	20
Surface	480	240	120
Extremity	1200	600	300
Eye lenses	240	120	60

TECHNICAL SPECIFICATION OF THE NRPB THERMOLUMINESCENT DOSEMETER USED FOR THE MEASUREMENT OF BODY DOSE AND SKIN DOSE

T.O.Marshall
NRPB, Harwell, Didcot, Oxon. OX11 ORQ

1. Thermoluminescent Dosemeter

The NRPB thermoluminescent dosemeter is designed as a basic nondiscriminating dosemeter (CEC, 1975) and consists essentially of two parts, an outer plastic dosemeter holder and a dosemeter insert. The complete thermoluminescent dosemeter and its components are shown in Figure 1. Type testing and calibration data are given in a separate report (Shaw and Wall, 1977).

2. Dosemeter Holder

The polypropylene dosemeter holder consists of two parts, front and back, hinged at one end and the other edges are shaped to ensure a positive snap fastening when the dosemeter holder is closed. A recess in the back of the holder contains the dosemeter insert. The front part of the dosemeter holder contains the filter and the open window area together with a slot used for showing the wearer's name or serial number on the dosemeter insert. A safety pin for attaching the holder to the clothing of the wearer is at the back of the holder to ensure that the filter faces away from the body. The dosemeter holder, with its dimensions, is shown in Figure 2. All such holders currently issued for personal dosimetry are coloured black.

3. Dosemeter Insert

3.1. Duralumin plate, aluminium retention rings and ^{7}LiF in PTFE disks

A hard anodised duralumin plate, coded by a series of punched holes in binary coded decimal contains two thermoluminescent ^{7}LiF in PTFEE disks securely held in the plate by aluminium retention rings. The duralumin plate has a cut-away corner to ensure correct orientation in the holder and has a half-moon cut-out for mechanical identification purposes. The code on the duralumin plate contains an identification code (type code) and a unique number (1 to 999,999) with parity check. The dimensions of the duralumin plate with retention rings and thermoluminescent disks are shown in Figure 3.

The specification of ^{7}LiF content, dimensions and tolerances for the ^{7}LiF in PTFE disks is given in the Appendix.

3.2. Wrapping material

The duralumin plate containing the ^{7}LiF in PTFE disks is wrapped in black polyethylene to protect the thermoluminescent disks from the effects of dirt, grease and light. The wearer´s name and identification are printed on a matt white strip along this cover. The dimensions of the dosemeter insert are shown in Figure 4.

4. Location of the Dosemeter Insert Within the Dosemeter Holder

The correct association of each thermoluminescent disk with its appropriate filter must be ensured. The dosemeter insert is labelled with the wearer´s name or number, the date for return of the dosemeter insert and an identification code. This label is visible through the slot in the front face of the dosemeter holder when the dosemeter insert is correctly loaded. In the recess in the back half of the dosemeter holder, instructions are given to facilitate the loading operation.

5. References

CEC (1975) Technical recommendations for monitoring the exposure of individuals to external radiation. Luxembourg, CEC, EUR 5287.

Shaw, K B and Wall, B F (1977) Performance tests on the NRPB thermoluminescent dosemeter. Harwell, National Radiological Protection Board, NRPB-R65.

APPENDIX

Technical specification of the ^{7}LiF:PTFE thermoluminescent disks: ^{7}LiF content, dimensions and telerances

The following ^{7}LiF content, dimensions and tolerances apply:

^{7}LiF content (% weight)	Disk diameter (mm)	Disk thickness (mm)
30	12.7 ± 0.2	0.2 ± 0.03
30	12.7 ± 0.2	0.4 ± 0.05

The spread in weight of the disks is such that one standard deviation is less than 10%.

The ^{7}LiF powder in the disks is Harshaw TLD-700 standardised thermoluminescent dosemeter powder with uniformity of the integrated light output within ± 5%. The isotopic concentrations of the lithium are as follows (as given by the Harshaw Chemical Company):

Type	% ^{6}Li	% ^{7}Li
TLD-700	0.007	99.993

The grain size of LiF powder is less than 75 microns diameter. All disks are produced from one batch of high quality PTFE.

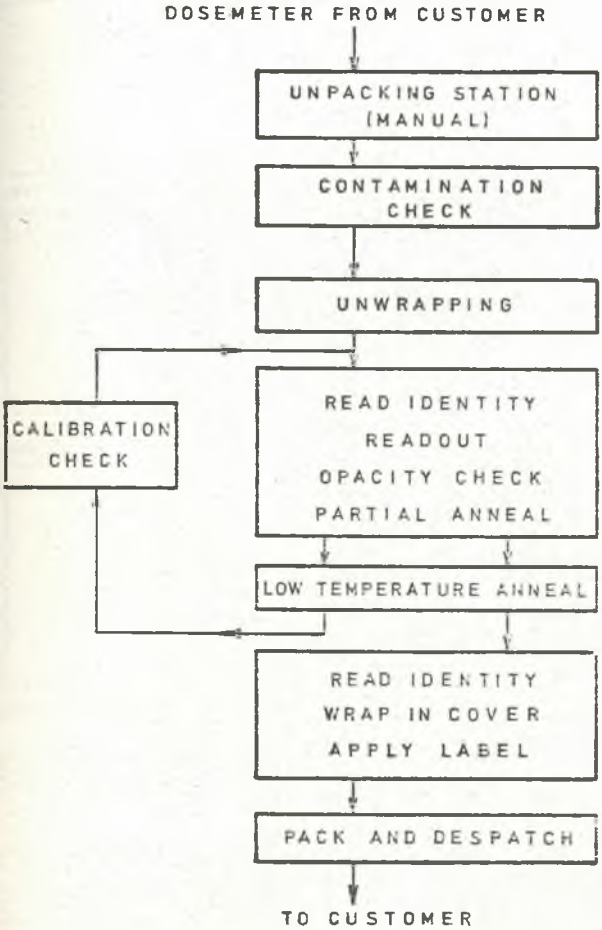


FIG.1. BLOCK DIAGRAM OF ESSENTIAL DOSEMETER PROCESSING SYSTEM

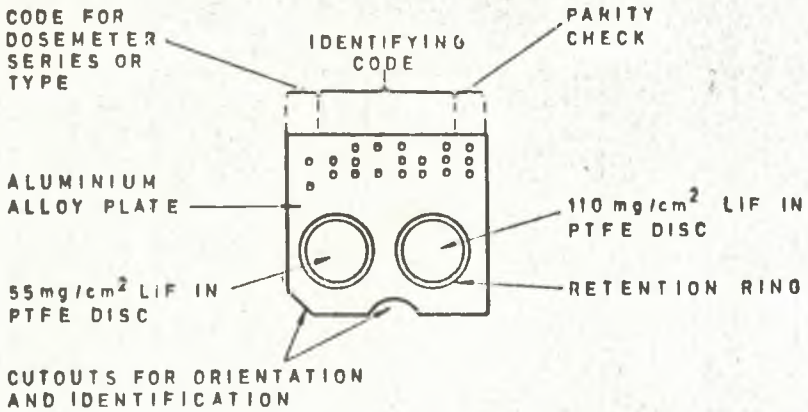


FIG. 2. DOSEMETER PLATE FOR NRPB PERSONAL THERMOLUMINESCENT DOSEMETER

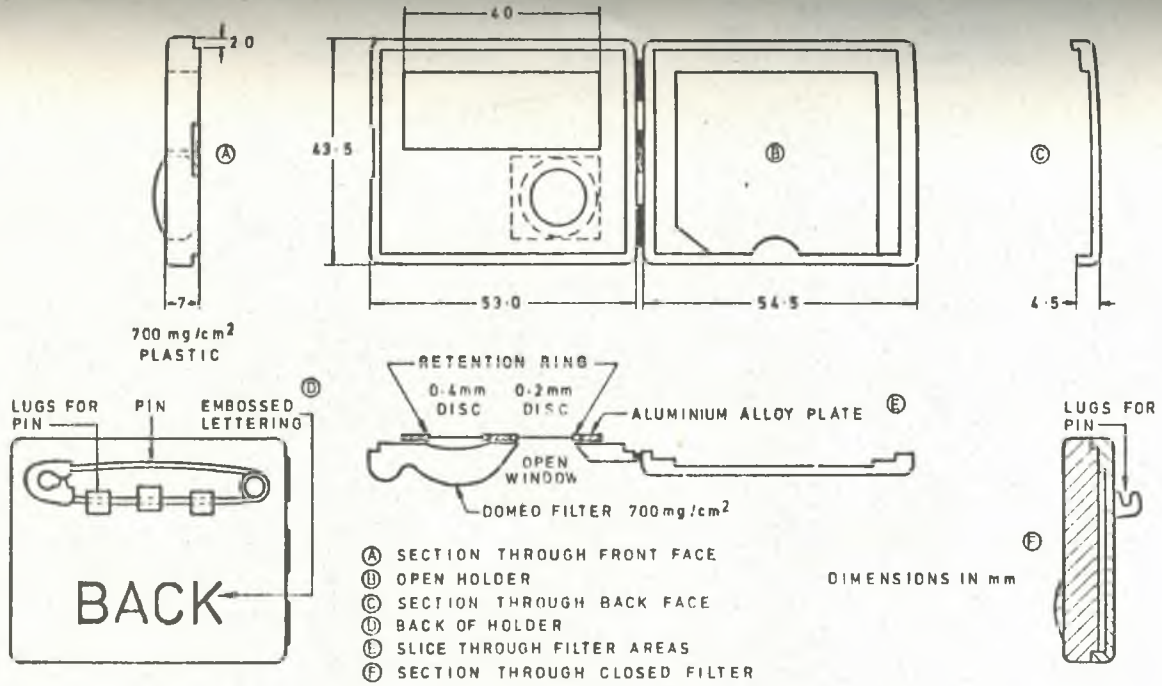


FIG. 3. PROTOTYPE THERMOLUMINESCENT DOSEMETER HOLDER

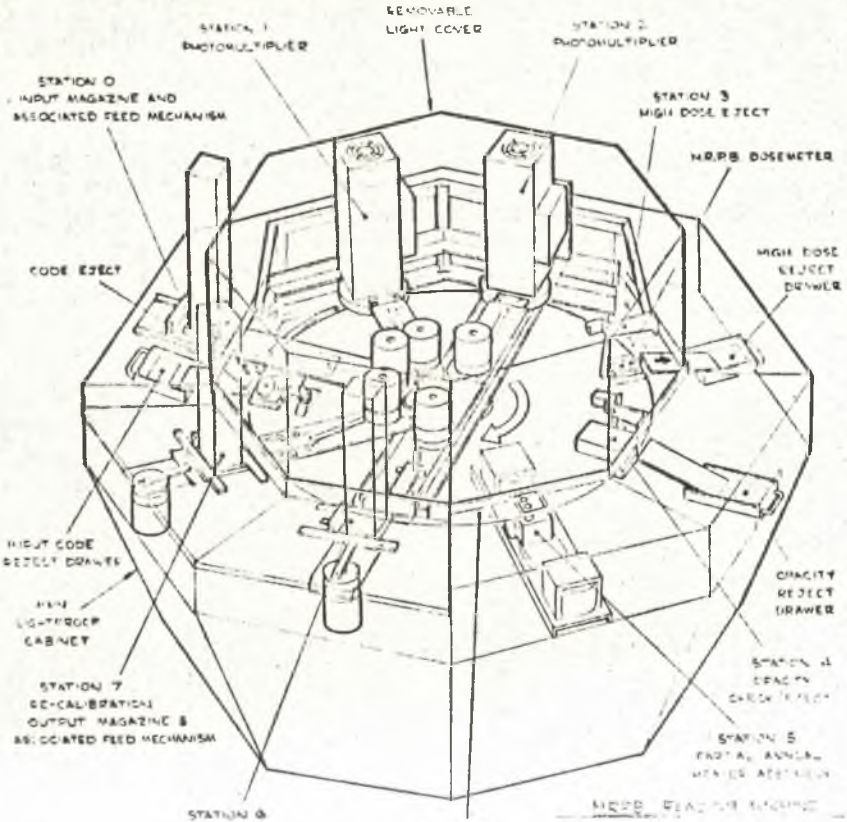


FIG.4. ILLUSTRATION OF THE AUTOMATIC READOUT EQUIPMENT

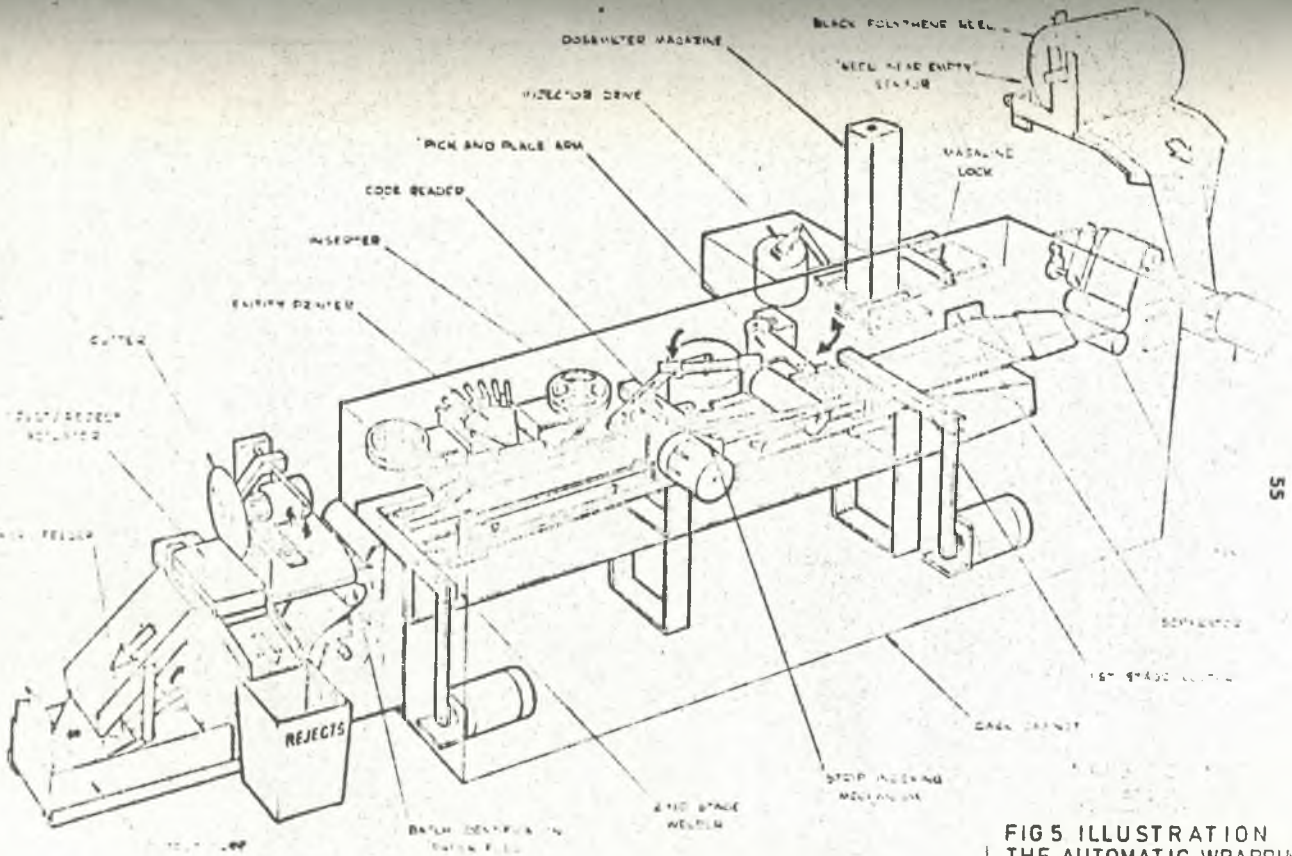


FIG 5 ILLUSTRATION OF THE AUTOMATIC WRAPPING LABELLING EQUIPMENT

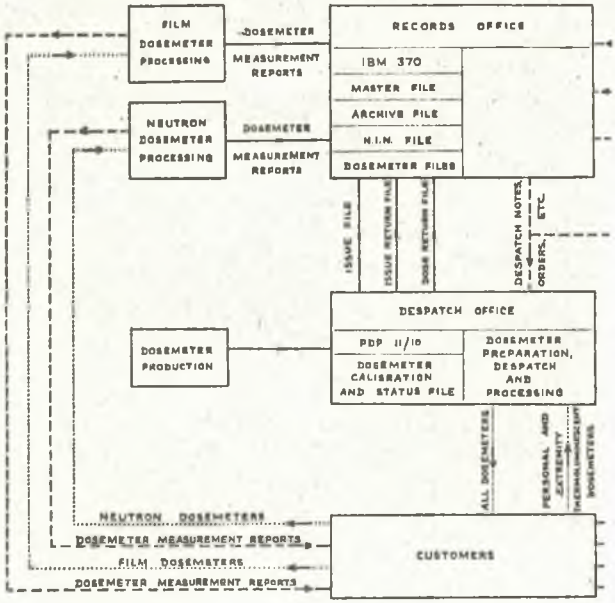
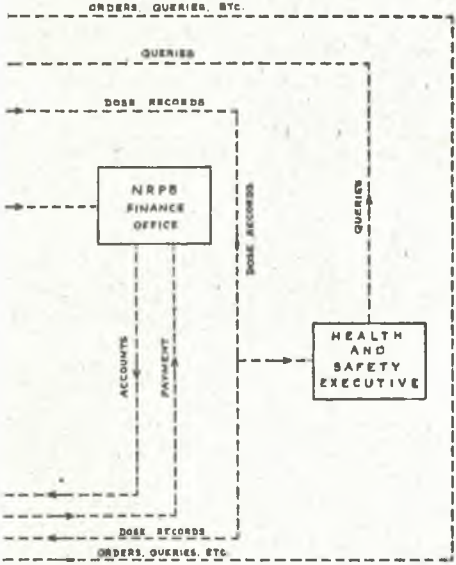


FIG. 6 NRPB DOSEMETER ISSUE AND DOSE RECORD KEEPING SYSTEM



KEY

——— INFORMATION IN COMPUTER COMPATIBLE FORM
– – – – INFORMATION BY LETTER OR TELEPHONE
..... DOSEMETERS

Form 112

NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD

PERSONAL MONITORING SERVICE
HARWELL
OXFORDSHIRE OX11 ORQ
Tel No: Rowstock (023-583) 600

N.R.P.B.
Ref. No. H1234

NOTIFICATION OF RADIATION DOSES REPORT

Address of occupier	Monitoring address
BRITISH RADIATION, RUTHERFORD LANE, CAVENDISE, HE4 PR1.	THE ACCELERATOR

Name of Radiation worker Identifier Birth	Sex	Building Category			
Lofthouse G 0123 10/9/54	M	A1 C	Dose-Type SURFACE Measured TLD 7/6/74-4/7/74 Current Quarterly Dose Previous Quarterly Dose Current Annual Dose	 0.34 rem 0.29 rem 0.86 rem 3.69 rem	 (Permitted 15.0 rem) (Permitted 15.0 rem)
Clarke M.E. 4567 10/2/56	F	A1 C	Dose-Type BODY Measured TLD 14/6/74-28/6/74 Current Quarterly Dose (includes notional dose Previous Quarterly Dose (includes notional dose Current Annual Dose (includes notional dose Life Dose to date	 0.25 rem 0.86 rem 0.20 rem 0.73 rem 0.40 rem 2.68 rem 0.80 rem 7.34 rem	 (Permitted 1.3 rem) (Permitted 10 rem)
Smith J.W. 8910 18/10/50	M	A1 C	Dose-Type SURFACE Measured FILM 1/6/74-28/6/74 Current Quarterly Dose Previous Quarterly Dose Current Annual Dose	 3.87 rem 16.70 rem 1.75 rem 18.45 rem	 (Permitted 15.0 rem) (Permitted 30.0 rem)

WARNING - If continued this dose would result in the permitted Annual Dose being exceeded by the end of the year.
(**ACTION** Warning notes should be acknowledged PROMPTLY by the Occupier)

EXCESS DOSE **********
THE PERMITTED QUARTERLY DOSE HAS BEEN EXCEEDED BY 1.7 REM
SMITH J.W. SHOULD CEASE RADIATION WORK IMMEDIATELY.
(**ACTION** This note should be acknowledged PROMPTLY by the Occupier)

Figure 7. An hypothetical example of a Notification Report.

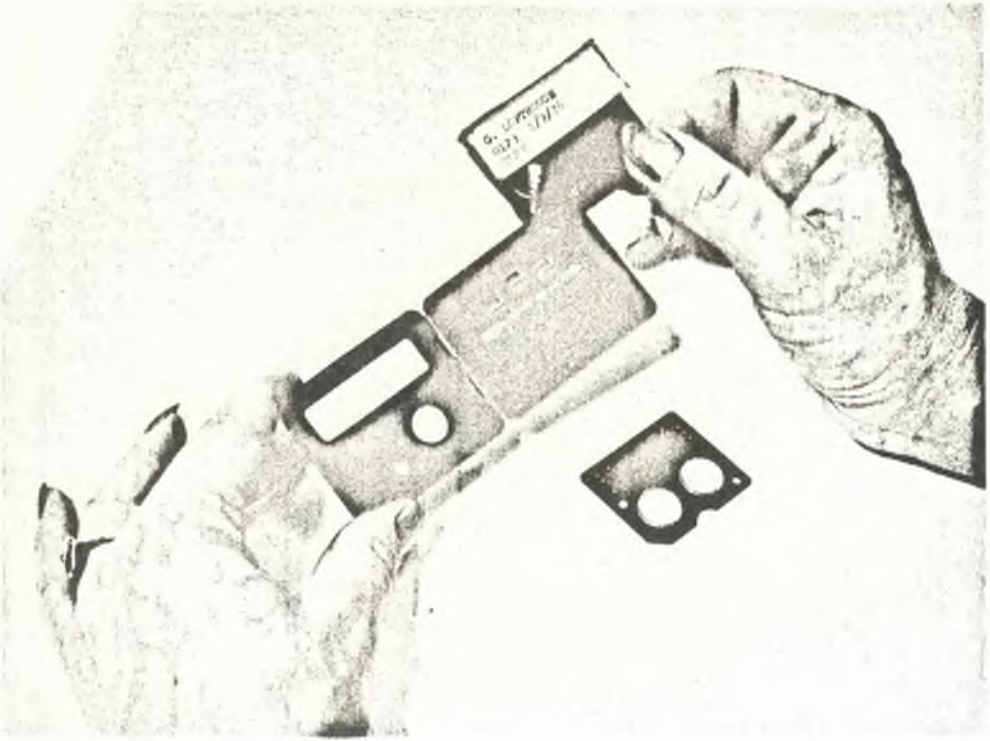
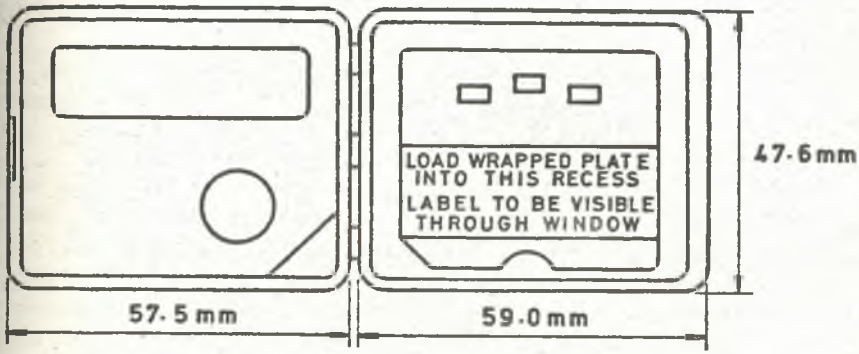
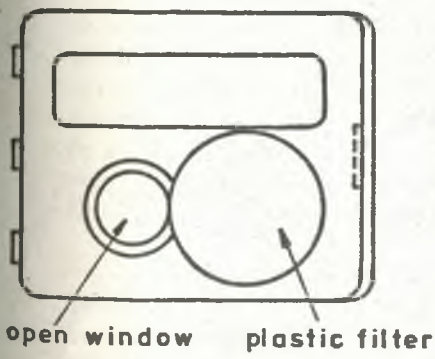


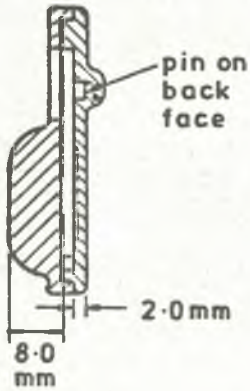
Figure 1. The dosemeter holder, dosemeter insert, duralumin plate, aluminium retention rings and thermoluminescent disks



(a) An open holder



(b) Front face



(c) Side view

Figure 2. The dosemeter holder

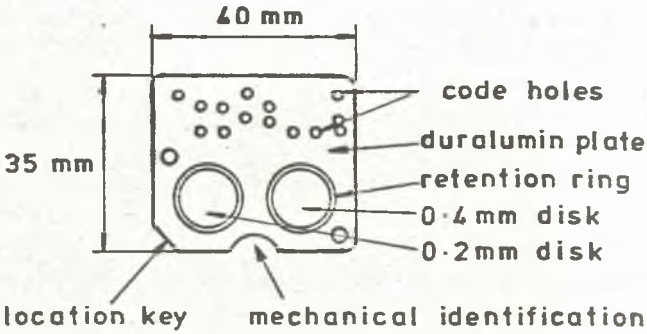


Figure 3. The duralumin plate, aluminium retention rings and thermoluminescent disks

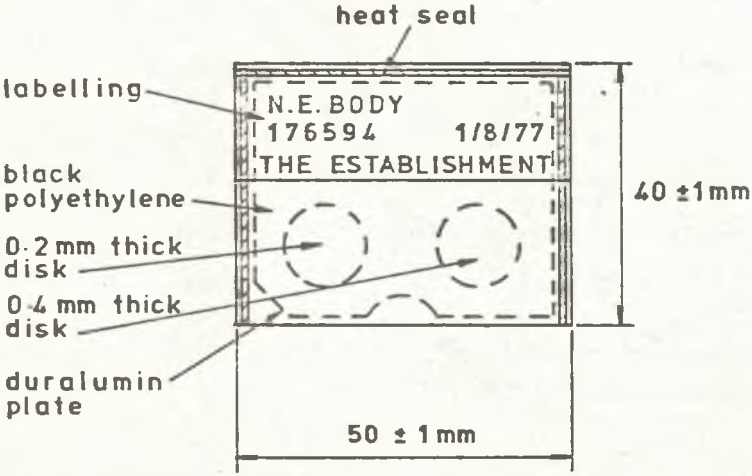


Figure 4. The dosemeter insert

Diskusija po predavanju Dr Marshal-a

Dr D.Panov: Da li možete da objasnite zašto u AERE, u Harwel-u još upotrebljavaju film-dozimetre u ličnoj dozimetriji?

Dr Marshal: Razlog za to je finansijske prirode. Ukratko ću vam objasniti kako je došlo do toga. U vreme kada smo počeli da mislimo na prelazak sa film na TL dozimetriju, to je bilo pre pet godina, vršili smo službu filmske dozimetrije bez ikakve automatizacije. Zapošljavali smo dosta ljudi i troškovi su počeli da rastu. Kada smo se odlučili da predjemo na TL dozimetriju rešili smo da uvedemo automatske postupke za kalibraciju dozimetara, za odčitavanje doze za obradjivanje podataka, a takodje i za pakovanje dozimetara. Pošto smo napravili sve aparature i dosada izvršili oko 100.000 merenja vidimo, da smo napravili dobru odluku. Troškovi po pojedinom čitanju dozimetra su prihvatljivi za potrošače, i manji su na što smo očekivali. Medjutim, su u Harwellu u ranijim godinama prešli na automatske postupke za obradjivanje doze pomoću filmova. Pošto im se ta investicija još nije isplatila oni ne mogu da ulažu u novu. Sada su suočeni činjenicom da filma Kodak, u Engleskoj, u roku od dve godine prestaje da proizvodi film dozimetre. Zbog toga će uskoro morati da se odluče, da li da prihvate usluge NRPB službe za TL dozimetriju ili da osnivaju svoju TL dozimetriju.

Mr M.Mihailović: Da li imate komentar na podatak iz literature /W.A. Langmead, National and International Radiation Dose Intersomparisons, IAEA, WHO, 1971/ o merenjima koja su vršena na vašem institutu s ciljem, da se uporedi tačnost TL dozimetara i film dozimetara koji se upotrebljavaju u ličnoj dozimetriji, a koji o rezultatima merenja zaključuje da je od ukupnog broja TL dozimetara, 75,5% a od ukupnog broja film dozimetara 77,5%, pokazala tačnost u zahtevanom intervalu 1,0 $\pm$ 0,5.

Iz citiranih rezultata ne bi mogli zaključiti da TL dozimetri imaju prednost.

Dr Marshal: Sećam se tih merenja jer sam učestvovao u njima. Na rezultate tačnosti film dozimetara je u velikoj meri uticao način ozračivanja film dozimetara koje smo upotrebili. Mi smo filmove ozračivali pod pravim uglom na ravan dozimetara. To je kao što znate, najpogodniji način za ozračivanje filmova jer osetljivost filmova zavisi od upadnog ugla zračenja. Osetljivost TL dozimetara od upadnog ugla zračenja smo proverili za ugao od 35 stepeni i ustanovili da odgovor TL dozimetra ne zavisi od ugla pod kojim je ozračen.

Mr M.Mihailović: Kako ste rešili pitanje merenja beta doza?

Dr Marshal: Merenje beta doza od niskih energija beta nismo još rešili. Na tome sada radimo.

Mr M.Mihailović: Za šta (čemu) upotrebljavate UV svetlost u vašoj aparaturi? Da li koristite transfer mehanizam u LiF pri drugom odčitavanju:

Dr Marshal: Da.

Mr M.Mihailović: Kako ste rešili čuvanje podataka o dozama vaših potrošača.

Dr Marshal: Naši potrošači su zadovoljni sa načinom čuvanja podataka u centralnom računskom centru u Harwellu. Čuvanje podataka o dozama je bio jedan od uslova da potrošači prihvate TL dozimetriju.

Diskusija: Petrović Dragoslava

Institut za medicinu rada i Radiološku zaštitu
SRS, Beograd

Postoji problem merenja malih brzina doza kojima je izloženo stanovništvo SFRJ (od transporta radioaktivnih izvora, radioaktivnih izvora ugradjenih u gromobrane itd.). Do sada ovaj problem - ozračivanje stanovništva - nije ni zakonski bio rešen, tako da je bio izvan domena interesovanja i merenje. Ovaj problem postoji aktuelan donošenjem novih zakonskih propisa koji su regulisali pitanje ozračivanje stanovništva.

Primenom TL dozimetrije i u ovoj oblasti bi počeli da vršimo sistematska, odgovorna i tačna merenja niskih brzina doza na nivou prirodne brzine doze - prirodnog fona.

Pogotovu, ako se postigne dogovor o jedinstvenom opremanju odredjenim tipom TL dozimetra na celoj teritoriji SFRJ.

Ovaj postupak - snimanja niskih brzina doza - i njegova šira primena na teritoriji SFRJ može se iskoristiti i u akcidentalnim uslovima - ratnim uslovima merenje brzina doza u akcidentalnim uslovima sa radioaktivnim materijama.