JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE
JUGOSLOVANSKO DRUŠTVO ZA ZAŠČITO PREDSEVANJI

ZBORNIK RADOVA

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

KNJIGA II

PULA 10.-13. 06. 1985.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZASTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. lipnja 1985.

ORGANIZACIONI ODBOR

Anovski T., Despotović R., Horvat Đ., Knežević Lj., Križman M., Lulić S., Momčilović B., Morina H., Čremošnik-Pajić P. i Simić B.

REDAKCIJSKI ODBOR

Despotović R., Horvat Đ., Marković P., Momčilović B. i Radovanović R.

TEHNIČKI ODBOR

Franić Z., Hajnić V., Kubelka D., Mikulec I., Račić J., Sokolović E., Tanasijević Z., Veselić Ž. i Zupčić M.

STRUČNO-TEHNIČKA ORGANIZACIJA

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Zagreb, ul. Moše Pijade 158

Redakcioni odbor ne odgovara za tehničke i ostale propuste u onim radovima, čiji se autori nisu u cijelosti pridržavali uputstava za pisanje

Tiskanje Zbornika radova i ostalih materijala, te organizaciju 13. jugoslavenskog simpozija zaštite od zračenja novčano su pomogli:

- Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske

- Samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad u oblasti zdravstva, socijalne zaštite, farmaceutske industrije i odgovarajućoj trgovačkoj djelatnosti SR Hrvatske (SIZ - V)

- "CROATIA", Zajednica osiguranja imovine i osoba Zajednica rizika za osiguranje osoba

- "SLAVIJA LLOYD", Zajednica reosiguranja

S A D R Ž A J

II Knjiga stranica

4. sekcija: Dozimetrija

1. Prokić M.:
Termoluminescentna dozimetrija u savremenoj dozimetriji zračenja 336

2. Christensen P.:
Personal beta/gamma dosimetry at Risø National Laboratory 348

3. Bøtter-Jensen L.:
Environmental dosimetry practice at Risø National Laboratory 352

4. Vojvodić V.:
Brzina neutronske doze nuklearnih eksplozija 357

5. Dražić G., Trontelj M.:
Izračun kinetičkih parametrov žarilne krivulje sintranih TLD $CaSO_4$ -Dy 361

6. Miljanić S., Dvornik I., Dugonjić B., Duftschmid K.E., Tomljenović I.:
Mogućnosti baždarenja polja gama zračenja dozimetrom DL-M4 365

7. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Dvornik I., Szabò P.P., Anovski T., Andonovski B., Nikolovska L., Kačurkov D., Naumovski T., Ocevski B.:
Komparativna analiza minimalnog odaziva različitih TL dozimetra (Mjerenja u toku) 369

stranica

8. Ilić R.:
Prostorna raspodela apsorbovane energije brzih elektrona 374

9. Vujnić V., Tomašević M., Minevski Z.:
Evaluacija doza zračenja kod CT skenera 378

lo. Minevski Z., Tomašević M.:
Izmene u strukturi dijagnostičkih rendgen aparata koji su se koristili na teritoriji Beograda u periodu od 1973. do 1983. godine 381

11. Minevski Z., Tomašević M.:
Kontrola ozračenosti radnika koji rade u laboratorijama za primenu radionuklida u medicinskoj dijagnostici TL dozimetrima 384

12. Minevski Z., Tomašević M.:
Rendgen aparati koji se koriste za sistematska snimanja pluća 388

13. Golubović N., Ristić D., Drašković R.:
Analiza tragova mikroelamenata nakon ispaljenja iz vatrenog oružja neutronskom aktivacionom analizom 391

14. Tomašević M., Minevski Z.:
Ozračenost osoblja pri ERCP (endoskopska retrogradna choleoangio pancreatografija) 396

15. Tomašević M., Ristić B., Minevski Z.:
Određivanje ozračenosti dojki merenjem "in vivo" termoluminescentnim dozimetrima 4oo

stranica

16. Petrović R., Mihajlov A.:
Primena izvora jonizujućih zračenja u radnoj organizaciji "Nafta-gas" i mere zaštite na radu 403

17. Vujnić V., Tomašević M., Minevski Z.:
Radiološko fizički aspekti mamografije 407

18. Orlić M., Mitrović M., Basrak J.:
Radijaciona otpornost Eprom memorija 412

19. Prokić M., Glodić S., Hadžić D.:
Primena mikroračunara u automatizovanom procesu merenja doza zračenja pomoću termolunimescentnih dozimetara u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči 416

20. Voskresensky I., Grgić-Markulin Lj.:
Somatski riziko i doze zračenja kod mamografija 421

21. Tiosavljević S.:
Doprinos smanjenju ozračenosti životne i radne sredine od izvora jonizujućih zračenja u masovnoj upotrebi i merno procesnoj tehnici 425

22. Perhat V., Alunić Lj., Talijančić B.:
Ozračenje i zaštita bolesnika kod teleradioterapije nemalignih oboljenja 429

23. Novaković M., Cerovac H., Hufnus R.:
Mjerenje veličine žarišta dijagnostičkih rendgenskih cijevi 434

stranica

24. Hebrang A., Vidaković Z., Ranogajec-Komor M., Korenika Đ., Dvornik I., Gaćina T.: Izloženost bolesnika zračenju kod rendgenske dijaskopije 437

25. Petrović D.: Akcidentni nivoi ozračivanja 441

26. Nikezić D., Marković P., Milić A.: Modelovanje ugla rasejanja fotona u Komptonovom efektu primenom von Neuman-ovog metoda 445

27. Ranogajac-Komor M., Korenika Đ., Dvornik I., Hebrang A., Vidaković Z.: Doze ozračenja na bolesnicima kod rendgenskih snimanja 449

28. Vrtar M., Draganić B., Grgić-Markulin L.: Zaštita pluća pri ozračenju cijelog tijela 454

29. Popović D., Đurić G.: Merenje apsorbovane doze jonizujućeg zračenja u namirnicama životinjskog porekla i nekim proteinskim aditivima 458

30. Marković S.: Smanjenje ozračenosti pacijenta i profesionalaca primenom visoko osetljivih filmova u Rö dijagnostici 462

31. Minevski., Tomašević M.: Mogućnost primene personalnog računara za evidenciju i obradu podataka lične dozimetrije 466

stranica

32. Minevski Z., Tomašević M.:
Širina ozračenog polja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta pri snimanju zuba rendgen aparatom "Dent" 47o

33. Šmelcerović M., Radosavljević Ž., Stojanović M.P.:
Jedan savremeni model interakcije elektrona sa materijalom 474

34. Minevski Z., Tomašević M.:
Određivanje doza zračenja TL dozimetrima na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta pri snimanju zuba rendgen aparatom "Dent" 478

35. Tomašević M., Minevski Z.:
Rendgen aparati koji se koriste za snimanje dojki na teritoriji SR Srbije 481

36. Miklavžič U., Ranogajec-Komor M., Vekić B., Dražić G., Mihelić M., Dvornik I.:
Utjecaj različitih evaluacija termoluminiscentnih krivulja isijavanja na rezultate mjerenja doza 485

37. Miljanić S., Dvornik I.:
Karakterizacija fedinga dozimetra DL-M4 49o

38. Ristić Đ., Vuković S., Marković P.:
Eksperimentalno određivanje koeficijenata rasejanja unazad X-zračenja na baritni beton 495

39. Plavčić Ž.:
Neki slučajevi ekstremnih oštećenja uslijed MW zračenja 499

stranica

5. sekcija: Zaštita od zračenja u nuklearnoj energetici

1. Vekić B., Dvornik I.:
Osvrt na nuklearnu regulativu na primjeru nuklearnog regulatornog (upravnog) organa 5o2

2. Subotić B.:
Mogućnost primjene molekularnih sita (zeolita) za tretman radioaktivnog otpada 5o7

3. Bronić J., Subotić B.:
Uklanjanje radioizotopa gadolinija iz otopina upotrebom granuliranih zeolita 511

4. Lovašić Z.:
Ispitivanje mogućnosti korištenja zeolita za obradu nisko i srednje radioaktivnog otpada iz nuklearnih elektrana 515

5. Knežević Lj., Vuković Ž.:
Monitoring sistemi za kontrolu gasovitih i tečnih efluenata nuklearnih elektrana 519

6. Tomić B., Vojnović B.:
Procjena sigurnosti nuklearnih elektrana probabilističkom metodom 523

7. Hajduković D., Prijatelj I.:
Simultana kontrola izloženosti štetnim agensima radnika u uranskom rudniku kod menjanja uslova ventilacije 529

8. Hajduković D., Vukotić M., Prijatelj I.:
Kontrola merenja radona i potomaka u rudniku urana Žirovski vrh (1961-1984) 533

stranica

9. Pavlović R.S.:
Neanalogni "Monte Karlo" metod u analizi spektra reflektovanog gama zračenja 537

10. Kaučić S.:
Tečajevi zaštite i rada s izvorima ionizirajućih zračenja u Institutu "Ruđer Bošković" 541

11. Anovski T., Hađievski Lj., Kačurkov D., Minčeva B., Lelifanova L.:
Model za procenka na interna ekspozicija na čovekot od upotreba na kontaminirani vodeni tokovi 543

6. sekcija: Dekontaminacija

1. Musić S.:
Prekoncentracija lantanida s aluminijevim hidroksidom 549

2. Južnič K., Držaj B.:
Sorpcija radiocezija na TUFU iz Zaloške gorice 554

3. Plećaš I., Kostadinović A.:
Domaća iskustva u tehnologiji solidifikacije radioaktivnog otpadnog materijala 558

4. Mašić N.:
Dekomisija nuklearnog energetskog postrojenja 562

5. Petrović D.:
Prečišćavanje vazduha ih termoelektrana i topionica 565

6. Zarić M.:
Problemi radioaktivnog otpada koji nastaje kod medicinske aplikacije 569

stranica

7. Milivojević K., Stojanović D.:
Dekontaminacija kod udružene radijacione povrede 573

8. Pejušković B., Đurakić D.:
Uspešnost R-dekontaminacije kože u odnosu na vreme ekspozicije 577

9. Gačević M., Begović J., Stanković S., Mitrović R.:
Mogućnosti radiološke dekontaminacije živinskog mesa 581

lo. Bujan M., Despotović Lj., Despotović R.:
Dekontaminacija površina tehničkih materijala 585

11. Filipović-Vinceković N.:
O svojstvima dekontaminacijskih podsistema 589

12. Horšić E., Mihalj A., Milošević Z., Kljajić R., Hasanbašić D., Saračević L.:
Dekontaminacija strukturno kontaminiranog mesa (Cs-134 i Sr-85) koza ozračenih poluletalnom dozom 593

13. Lazić S., Vuković Ž., Bačić S.:
Sorpcija radioaktivnog stroncijuma amorfnim kalcijum fosfatom 597

14. Bačić S., Lazić S., Vuković Ž.:
Karakterizacija polidisperznih sorbenata za radionuklide 6o1

15. Draganović B., Košutić G.:
Mogućnost smanjenja ukupne beta aktivnosti u pilećem mesu primenom dubokog smrzavanja i termičke obrade 6o5

7. sekcija: Mjerna instrumentacija

stranica

1. Krmpotić Đ., Veličković D., Mirić I.:
Uređaj za kalibraciju i proveru ispravnosti dozimetrijske instrumentacije
609

2. Ristić Đ., Marković S., Vuković S.:
Metoda merenja X-zračenja rasejanog unazad i određivanja koeficijenta rasejanja za napone rendgenske cevi od 5o do 4oo kV
613

3. Krajcar-Bronić I., Srdoč D., Obelić D.:
Kontrola čistoće plinova kod mjerenja niske koncentracije aktivnosti tricija
617

4. Lazarević V., Boreli F., Stojanović M., Glišović D.:
Brzi milivoltni diskriminator sa unipolarnim napajanjem male potrošnje
621

5. Spasić V.:
Metrološko obezbeđenje veličina jonizirajućih zračenja
625

6. Boreli F., Lazarević V., Orlić M., Stojanović M., Glišević D.:
Spektrometarska merna sonda za niskoenergetsko gama zračenje
629

7. Stojanović M., Boreli F., Lazarević V., Orlić M.:
Karakteristike domaćeg Si-PPD za niskoenergetsko gama zračenje
633

stranica

8. Južnič K., Kobal I.:
Določenje ^{14}C v plinastih vzorcih 637

9. Mihelič M., Rupnik Z., Satalić P., Miklavžič U.:
Mikroračunarski TL analizator IJS MR-2oo kao
rutinski čitač doza 641

lo. Trajković M., Ubović Ž.:
Semikvantitativna metoda za kontrolu stepena
kontaminacije radnih površina tricijumom 645

11. Likar A., Martinčić R., Miklavšič U., Pucelj B.:
Mobilni mikroračunalniški sistem za merenje in
obdelavo meteoroloških in radioloških parametrov 649

12. Bikit I., Veskovič M., Marinkov L.:
Primena poluprovodničkih gama spektrometara
za kontrolu radioaktivnog zagađenja prirode 65o

13. Šmelcerović M., Radosavljević Ž., Stojanović M.P.:
Izračunavanje efikasnosti detekcije statističkom
metodom 655

14. Šmelcerović M., Radosavljević Ž., Stojanović M.P.:
Funkcija odgovora Si detektora na beta zračenje 659

15. Veličković D., Mirić I., Kovačević M.:
Srednja energija i stepen homogenosti snopa
X zračenja iz dozimetrijskog generatora MG 32o 663

16. Vasiljević Lj., Veličković D., Mirić I.:
Energetska zavisnost osetljivosti celuloznih
nitrata na neutrone 667

stranica

17. Kovačević M., Vukčević M., Mirić I.:
Jonizaciona komora sa šupljinom za apsolutno merenje jačine ekspozicione doze u polju gama zračenja ^{60}Co 671

18. Pavlović R.S., Boreli F., Lazarević V.:
Analiza pogodnosti primene poluprovodničkih detektora u gama refleksionom meraču debljine 675

19. Pavlović R.S., Boreli F.:
Mogućnost optimizacije rastojanja detektor--izvor zračenja u gama refleksionom meraču debljine 679

2o. Milić A., Obradović M.:
Merni sistem za nuklearnu spektroskopiju 683

21. Drndarević V., Milić A., Koturović A.:
Mikroprocesorski monitoring zračenja proširenih mogućnosti 687

22. Orlić M., Kaljević J.:
Mikrodozimetrijski aspekt radijacione otpornosti integrisanih kola 691

23. Benderać R., Veličković D., Ristić D.:
Efikasnost metode Varnice za detekciju alfa emitera u vodenim rastvorima putem čvrstih detektora tragova 695

24. Šobajić M.:
Mogućnosti primene elektrometrijskih aktivnih elemenata u instrumentaciji za zaštitu od zračenja 699

stranica

25. Volf D.:
Mogučnosti primjene jednog poluvodičkog senzora u detekciji i mjerenju beta i gama zračenja 7o3

26. Lazarević V., Boreli F., Stojanović M., Glišović D.:
Brzi milivoltni diskriminator sa unipolarnim napajanjem male potrošnje 7o4

8. sekcija: Neionizirajuća zračenja

1. Simonović J., Radovanović R.:
Osnovne higijenske norme za rad s nejonizujućim zračenjem 7o8

2. Đorđević Z., Đoković V., Ostojić P., Kelečević Z.:
Eksperimentalna ispitivanja zaštitnih svojstava novih zaštitnih odela od Baymetex-a za rad u mikrotalasnom polju 716

3. Milićević S., Smiljanić N.:
Efekti laserskog zračenja na oko pri profesionalnoj ekspoziciji 721

4. Osmak M., Elkind M., Hill C.K., Han A.:
Utjecaj malih opetovanih doza filtriranog UV svijetla na stanice u kulturi 725

5. Zimonjić D., Zagorčić-Janković A., Soldatović B.:
Ispitivanje delovanja direktnog laserskog zračenja na kulturu limfocita čoveka 729

stranica

6. Novaković M.:
Ispitivanje zračenja video terminala 733

7. Draganović B., Petrović B.:
Termička merenja malih doza mikrotalasa na kunićima 736

8. Todorović D., Janković-Zagorčić A.:
Akutno i hronično ozračivanje pigmentisane i nepigmentisane kože skrotuma pasa ozračenih HE-NE laserom 74o

9. Goldoni J.:
Hematološke promjene u perifernoj krvi radnika profesionalno izloženih mikrovalovima 743

lo. Alunić Lj., Bakić J.:
Mikrovalno zračenje i njegov utjecaj na pokretljivost i morfološko stanje spermija 747

9. sekcija: Okrugli stol na temu: "Ujednačavanje kriterijuma za priznavanje profesionalnih oboljenja nastalih kao posledica dejstva ionizirajućih zračenja"

1. Pajić-Čremošnik P., Strugaj J., Panov D.:
Promene u krvi i krvotvornim organima
Procena radne sposobnosti 754

2. Jeremić M.:
Profesionalna oštećenja kože
Procena radne sposobnosti 755

stranica

3. Jeremić M.:
Profesionalna katarakta
Procena radne sposobnosti 756

4. Višnjić V.:
Ispitivanje periferne cirkulacije u okviru teme "Ujednačavanje kriterijuma za priznavanje profesionalnih obolenja nastalih kao posledica dejstva jonizujućeg zračenja" 757

5. Horvat Đ.:
Analiza kromosomskih aberacija u priznavanju profesionalnih obolenja nastalih kao posljedica ionizirajućih zračenja 757

6. Besarabić M., Đukić Z.:
Stohastički efekti u okviru teme "Ujednačavanje kriterijuma za priznavanje profesionalnih obolenja nastalih kao posledica dejstva jonizujućih zračenja" 758

7. Stojanović D.:
Kriterijumi radioosetljivosti fizioloških sistema i problemi diferencijalne dijagnoze u radijacionoj medicini 759

8. Đukić Z.:
Podaci neophodni za utvrđivanje radijacionih oštećenja i priznavanje oboljenja radijacione etiologije za profesionalna 759

4. sekcija: D O Z I M E T R I J A

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

Prokić M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, Beograd

TERMOLUMINESCENTNA DOZIMETRIJA U SAVREMENOJ DOZIMETRIJI ZRAČENJA

Abstrakt -U radu je izneto stanje u razvoju i primeni termoluminescentne dozimetrije u okviru savremene dozimetrije zračenja, u svetu i u našoj zemlji.

Date su osnovne dozimetrijske karakteristike termoluminescentnih dozimetara, oblasti primene termoluminescentne dozimetrije, kao i stanje u razvoju TLD čitača. Takođe su izneti sagledani pravci razvoja termoluminescentne dozimetrije u okviru savremene dozimetrije zračenja.

Uvod

Razvoj nuklearne energetike kao i sve veća primena izvora zračenja u različitim oblastima ljudske delatnosti - u nauci, medicini, industriji, za vojne potrebe, uslovila je intenzivan razvoj novih dozimetrijskih sistema i metoda za što tačnije merenje doza zračenja. U toku poslednje dve decenije, termoluminescentna dozimetrija je postala dominantna, i u velikom broju slučajeva nezamenljiva dozimetrijska metoda, a termoluminescentni dozimetri su prihvaćeni kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u različitim oblastima dozimetrije zračenja. Danas praktično ne postoji nuklearni, ili medicinski centar u kojima se ne koriste termoluminescentni dozimetri. Termoluminescentni dozimetri i odgovarajuća instrumentacija ekstenzivno su se razvijali u cilju korišćenja, primarno, u personalnoj dozimetriji i medicinskoj primeni TL dozimetrije.

Stalni porast interesovanja za termoluminescentnu dozimetriju se reflektovao u oko više hiljada publikovanih radova kao i u zbornicima radova sa sedam internacionalnih konferencija iz oblasti dozimetrije čvrstog stanja, odnosno luminescentne dozimetrije.

Pred savremenom dozimetrijom zračenja postavljaju se sve veći i složeniji zahtevi kao što su merenje ekstremno niskih doza zračenja, zatim merenje doza zračenja sa visokom tačnošću, od 1% - 2%, merenje doza zračenja različitih vrsta i energija, itd.

Prednosti termoluminescentne dozimetrije u odnosu na ostale metode dozimetrije čvrstog stanja uslovljene su činjenicom da termoluminescentna dozimetrija uvodi nov kvalitet u dozimetriju zra-

čenja, a to su: visoka osetljivost, tačnost i pouzdanost; širok opseg doza koji je obuhvaćen ovom metodom pogodan je za različite primene; približno tkivno ili vazduhu ekvivalentnost nekih tipova termoluminescentnih dozimetara; velika fleksibilnost oblika u odnosu na ostale tipove dozimetara čvrstog stanja; mogućnost njihovog korišćenja praktično neograničen broj puta, kao i pogodnost za automatizaciju procesa merenja i računarsku obradu rezultata merenja.

Široke mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije koje nisu svojstvene ni jednoj danas poznatoj integralnoj dozimetrijskoj metodi, a posebno nezamenljivost i različite mogućnosti korišćenja u personalnoj dozimetriji, nuklearnoj medicini, zdravstvenoj fizici, u radijacionom monitoringu okoline, itd., uslovile su da termoluminescentna dozimetrija ima dominantnu ulogu sa tendencijom sve veće ekspanzije u savremenoj dozimetriji zračenja.

Termoluminescentni dozimetri

Prema definiciji, predmet dozimetrije zračenja je merenje energije koju zračenje predaje ozračenim materijalima, tako da u principu, svaki čvrst medijum koji poseduje najmanje jedan merljiv parametar koji varira u funkciji apsorbovane doze zračenja, može da služi kao osnova za dozimetrijski sistem.

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. Naime, kada se čvrst dielektrik izloži jonizujućem ili ultravioletnom zračenju, ili u specifičnijem vidu kada se izloži hemijskim ili mehaničkim uticajima, izvestan broj oslobođenih nosilaca naelektrisanja biva zahvaćen u centrima koje čine nesavršenosti u kristalnoj strukturi dielektrika. Termoluminescencija je efekat koji je uslovljen primesnim nesavršenostima ili defektima rešetke osnovnog kristala. Ukoliko je temperatura ambijenta niska, ili/i su trapovi dovoljno "duboki", tj. aktivacione energije sa vrednostima višim od 1,2eV, nosioci naelektrisanja mogu ostati u trapovima neograničeno vreme pre no što budu oslobođeni predavanjem termičke energije dielektriku. Bazični mehanizam emitovanja termoluminescencije je za sada samo kvalitativno objašnjen na osnovu zonske teorije kristala, kvantno mehaničke teorije kojom su objašnjene mnoge pojave u kristalima. Termoluminescentni dozimetri predstavljaju, za sada, sekundarni dozimetrijski sistem jer zahtevaju poređenje emitovane termolumi-

nescencije sa apsolutno određenim vrednostima za dozu zračenja, s obzirom da efekat termoluminescencije nema kompletnu teorijsku bazu(1,2,3).

Termoluminescencija je u prirodi veoma rasprostranjen fenomen. Od oko 3000 prirodnih minerala, 3/4 od njih poseduje ovo svojstvo. Međutim, iako veliki broj neorganskih materijala emituje intenzivnu termoluminescenciju, termoluminescentni materijal koji bi se koristio kao dozimetar, neophodno je da poseduje određene karakteristike koje limitiraju korišćenje velikog broja TL materijala kao TL dozimetara, a to su:

- visoka koncentracija centara zahvata nosilaca naelektrisanja;
- visoka efikasnost svetlosne emisije u toku oslobađanja i rekombinacije nosilaca naelektrisanja u toku procesa zagrevanja;
- duga stabilnost zahvaćenih nosilaca naelektrisanja na radnoj temperaturi pri čemu su najpogodniji oni termoluminescentni materijali koji imaju dominantan pik na temperaturama od 180°C do 250°C. Ukoliko trapovi nisu dovoljno "duboki" oslobađanje iz trapova i rekombinacija se mogu dešavati već na sobnoj ili nešto povišenim temperaturama, i ovaj efekat se naziva fosforescencija. Jedino ako su trapovi dovoljno "duboki" tako da na sobnoj temperaturi poluživot trapovanih elektrona iznosi najmanje nekoliko nedelja, a pik krive isijavanja se nalazi na temperaturama višim od 120°C, efekat se naziva termoluminescencija i ima dozimetrijsku primenu;
- takva distribucija trapova da kriva TL isijavanja ima jedan dominantan pik za doze zračenja od nekoliko desetina Gy, kao i da se svi centri zahvata isprazne u toku procesa očitavanja;
- spektralna distribucija talasnih dužina emitovane svetlosti, optimalno bi trebalo da obuhvata oblast talasnih dužina bliskih UV oblasti, zatim plavu, zelenu ili žutu emisiju;
- stabilnost centara zahvata, aktivatora i osnovnog kristala na zračenje, podrazumevajući da nema razaranja ili stvaranja novih centara zahvata i aktivatora za doze zračenja od više desetina Gy;
- stabilnost TL dozimetara na vlažnost vazduha, povišenu temperaturu ambijenta, svetlost; "lažna" termoluminescencija, odnosno tribotermoluminescencija mora biti zanemarljiva, a takođe, TL dozimetri ne bi smeli da budu toksični;
- najzad, postavlja se uslov da TL dozimetar ne bude skup i da se može proizvoditi u zemlji od, uglavnom, domaćih sirovina, u standardnoj hemijskoj laboratoriji.

Primena termoluminescentne dozimetrije u dozimetriji zračenja

Primena efekta termoluminescencije u dozimetriji zračenja nije sagledana sve do oko 1950. godine, kada Daniels(4) sa saradnicima Boyd-om i Cameron-om ostvaruju prvi TL dozimetar na bazi LiF, za potrebe Američke armije. Posle pedesetih godina učinjen je značajan napredak u nauci u smislu otkrivanja novih principa detekcije u oblasti dozimetrije čvrstog stanja, otkrića novih materijala i detektora, napredak u objašnjenju procesa, mehanizama i efekata koji se odvijaju u ozračenim detektorima, upoznavanje mehanizama povećanja osetljivosti detektora, kao i razvoj pouzdane i osetljive instrumentacije.

Tek posle 1960. godine, TL dozimetrija beleži nagli porast u svojoj primeni, s obzirom da neophodna i odgovarajuća instrumentacija koja se nije uporedo razvijala sa TL materijalima, dostiže potreban kvalitet i omogućava uporedo kako razvoj laboratorijskih, tako i automatizovanih TLD čitača velikih mogućnosti.

Primena termoluminescentne dozimetrije se može grupisati u nekoliko oblasti: u oblasti primenjenih i osnovnih prirodno-matematičkih, kao i tehničkih nauka, zatim u oblasti medicinskih i bioloških nauka, kao i u specifičnim oblastima prirodnih nauka, u arheologiji i geologiji. Prateća naučno tehnička disciplina koja je neraskidivo vezana za razvoj, prodor i primenu termoluminescentne dozimetrije, jeste elektronika, bez čijeg odgovarajućeg razvoja, TL dozimetrija sigurno ne bi dostigla ovaj stepen razvijenosti i primene.

U okviru prirodno-matematičkih i tehničkih nauka, termoluminescentna dozimetrija nalazi široku primenu u eksperimentalnoj fizici, interfeis-dozimetriji (distribucija doza na graničnim prelazima između dve sredine), u dozimetriji tankih slojeva,u dozimetriji naelektrisanih čestica sa niskim i visokim LET vrednostima, u mikrodozimetriji, reaktorskoj fizici, u dozimetriji ultravioletnog zračenja, analizi zaštitnosti materijala, topografiji polja zračenja, itd.

Najširu primenu termoluminescentna dozimetrija ima u personalnoj dozimetriji X i gama zračenja, u beta dozimetriji, neutronskoj dozimetriji, akcidentalnoj, kao i u masovnoj ličnoj dozimetriji (Civilna zaštita, armija).

Primena izvora zračenja u industriji, medicini, nauci, uslovljava da je u današnje vreme sve veći broj ljudi izložen dejstvu

izvora zračenja. Za kontrolu ozračenosti lica izloženih izvorima zračenja zakonom je obavezno korišćenje ličnih dozimetara u svim zemljama sveta u kojima se koriste izvori zračenja, a termoluminescentni dozimetri su prihvaćeni kao najpogodniji dozimetrijski sistem u oblasti personalne dozimetrije. Milioni takvih dozimetara su u upotrebi i taj broj se neprestano povećava sa rastućom primenom izvora zračenja. Istovremeno, personalna dozimetrija je blisko vezana za problem ozračenosti grupa stanovništva u sredinama sa povišenim nivoom zračenja, kao i sa ozračivanjem cele populacije izvorima zračenja koji se primenjuju u medicinske svrhe, s obzirom da je doza zračenja osnovni parametar za određivanje stepena rizika, a time i uticaja zračenja na čoveka, njegovo zdravlje i život. Usled toga se pred savremenom personalnom dozimetrijom postavljaju sve složeniji zahtevi koji imaju značaja sa stručnog, medicinskog, zakonodavnog,administrativnog, kao i psihološkog stanovišta.

Primena efekta termoluminescencije u medicinskoj radijacionoj dozimetriji započela jeod oko 1954. godine, takođe na osnovu zamisli Danielsa. Od tada, za proteklih 30 godina evidentan je veliki napredak u ovoj oblasti. U okviru medicinskih i bioloških nauka, posebno u nuklearnoj medicini i zdravstvenoj fizici, termoluminescentna dozimetrija je nezamenljiva metoda u kliničkoj radiologiji, dijagnostičkoj i terapijskoj primeni izvora zračenja, za određivanje pacijentnih doza, lične dozimetrijske kontrole osoblja i topografije polja zračenja, pri radioizotopmoj dijagnostici, terapiji, kao i pri terapijskom korišćenju akceleratora, betatrona ili kobaltrona. U dijagnostičkoj radiologiji termoluminescentna dozimetrija se u svetu primenjuje, u pomenutim vidovima, pri angiografiji, kompjuterizovanim tomografijama, mamografiji, fluoroskopiji, itd. Primene u radioterapiji su sledeće: u određivanju pacijentnih doza, u određivanju doza na različitim organima - koža, glava, vrat, ezofagus, rektum, itd, zatim u okviru zdravstvene fizike za određivanje raspodele doza u anatomskim i specijalnim fantomima, i u drugim primenama.

Termoluminescentni dozimetri koji se najčešće koriste u dozimetriji zračenja su: LiF:Ti,Mg; LiF:Na,Mg; $Li_2B_4O_7$:Mn;$Li_2B_4O_7$:Cu; MgB_4O_7:Dy; BeO; Al_2O_3; $CaSO_4$:Dy; $CaSO_4$:Tm; CaF_2:Dy; CaF_2:Mn, itd. Termoluminescentni dozimetri na bazi LiF (5), $Li_2B_4O_7$ (6,7), zatim MgB_4O_7(8), kao i BeO po svom sastavu su izuzetno pogodni za ličnu dozimetriju imedicinsku primenu TL dozimetrije, s obzirom da su

za ovu oblast dozimetrije najpogodniji oni TL materijali čiji je efektivni atomski broj za fotoelektričnu apsorpciju približno tkivno ekvivalentan. Termoluminescentni dozimetri na bazi $CaSO_4$(9,10) spadaju među najosetljivije TL dozimetre (relativna TL osetljivost za $CaSO_4$:Dy normirana na osetljivost za LiF, iznosi 35 jedinica) koji se komercijalno proizvode,i pored visoke osetljivosti ovaj tip TL dozimetara ima zanemarljivo nizak feding, oko 5% za jednu godinu.

U personalnoj dozimetriji, TL dozimetrima se određuju vrednosti doza zračenja koje prima telo, koža, i u specifičnijim zahtevima sočivo oka, te se pred TL dozimetrima kojí se koriste u personalnoj dozimetriji postavljaju složeni zahtevi.

Jedan od specifičnih problema predstavlja određivanje doza beta zračenja niskih energija (ispod 0,5 MeV) usled izražene energetske zavisnosti komercijalnih TL dozimetara. Naime, prema ICRP preporukama zahteva se merenje apsorbovane doze beta zračenja u sloju kože 5 - 10 mg cm^{-2}, što uslovljava realizaciju TL dozimetara sa ekstremno tankom efektivnom debljinom, i visokom osetljivošću. Ovaj zahtev predstavlja ozbiljan problem i ujedno veliki izazov, te su predložena različita rešenja i realizovani tankoslojni beta dozimetri (11,12,13). U zavisnosti od fizičkog principa na kome se zasnivaju ovi beta dozimetri za određivanje tzv. "površinske doze", variraju vrednosti za osetljivost, energetsku zavisnost, reproducibilnost, mehaničku otpornost, itd. Nekoliko rešenja za TL dozimetre koji se sa uspehom primenjuju u beta dozimetriji su: (a) TL dozimetri sinterovani sa grafitom koji reducira optičku transparenciju tako da je efektivna debljina grafitnih TL dozimetara oko 50-100 μm, što omogućava određivanje doza beta zračenja najnižih energija (14)i (15); (b) TL dozimetri u čijem je površinskom sloju bor-difuzionim procesom stvoren nov pik koji je osetljiv na beta zračenje niskih energija; (c) TL dozimetri u kojima je TL materijal nanešen na temperaturno otpornu podlogu, itd. Pored primene u personalnoj dozimetriji i medicinskoj aplikaciji TL dozimetrije, ovi TL dozimetri nalaze primenu i u različitim oblastima eksperimentalne fizike i dozimetrije.

Kako neutronska dozimetrija predstavlja takođe jedan od kompleksnih problema savremene dozimetrije zračenja, u oblasti TL dozimetrije postoji više rešenja za TL dozimetrijske sisteme koji omogućavaju određivanje doza neutrona različitih energija. TLD metoda koja daje najbolje rezultate u smislu određivanja doznih

ekvivalenata za neutrone različitih energija, od termalnih, intermedijarnih i brzih neutrona, jeste kombinacija tzv. "albedo TL dozimetara" i jednog TL dozimetra sa visokom osetljivošću na brze neutrone (16). Naime, specifičan sastav, hemijski i izotopski određenih TL dozimetara, kao što su LiF, $Li_2B_4O_7$ i MgB_4O_7, omogućavaju realizaciju specijalnih TL dozimetara "albedo TLD", odnosno para osetljivog-neosetljivog TLD na neutrone različitih energija koristeći ljudsko telo kao moderator i reflektor neutrona, tako da "albedo TL dozimetri" mere dozu od termalnih neutrona rasejanih od ljudskog tela. Uz odgovarajuću kalibraciju, albedo dozimetri se mogu koristiti u poljima neutrona različitih energija.

U akcidentalnoj dozimetriji, TL dozimetri koji se koriste u rutinskoj personalnoj dozimetriji, daju podatke o visokim dozama beta i gama zračenja. Personalni albedo TL dozimetri u kombinaciji sa TL dozimetrom osetljivim isključivo na brze neutrone predstavljaju izuzetno korisne dozimetrijske sisteme u nuklearnim postrojenjima gde se primenjuje ova dozimetrijska metoda, ali koja zahteva nešto složeniju interpretaciju mernih rezultata. Pored klasične primene albedo dozimetrijske metode kao ličnog dozimetra, u oblasti akcidentalne dozimetrije, u širem smislu, ovi dozimetri se mogu koristiti i kao dozimetri polja, instaliranjem TLD para u polietilenski cilindar (ili sferu) koji ima ulogu moderatora, dajući topografske podatke o vrednostima neutronske i gama doze.

U oblasti dozimetrije UV zračenja, primena termoluminescentne dozimetrije je dala dobre rezultate. Veliki broj TL dozimetara je osetljiv na UV zračenje posle prethodnog ozračivanja visokim dozama jonizujućeg zračenja. Ovo svojstvo TL dozimetara dovelo je do otkrića tzv. foto-transfer mehanizma, kojim se mogu re-evaluirati vrednosti doza zračenja posle prvog očitavanja TL dozimetra koji je bio ozračen jonizujućim zračenjem. Izvesni TLD, kao što su Mg_2SiO_4:Tb, Al_2O_3:Si,Ti; $CaSO_4$:Tm i CaF_2:Dy su osetljivi na UV zračenje. Dalja istraživanja termoluminescentnih karakteristika ovih TL dozimetara omogućiće realizaciju TLD za rutinsku primenu u dozimetriji UV zračenja.

Uspostavljanje jednog opšteg, efikasnog sistema kontrole nivoa doza zračenja u životnoj sredini danas se sprovodi u velikom broju zemalja. Osnovnu namenu ovoga sistema formulisala je Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja (ICRP) 1965. godine. Potreba za što tačnijim merenjem doza zračenja, uslovila je intenzivan razvoj dozimetara čvrstog stanja, na prvom mestu TL dozimetara koji su postali dominantan integralni dozimetrijski sistem u okviru držav-

nih ili regionalnih programa sprovođenja radijacionog monitoringa okoline. Pored zahteva za visokom osetljivošću, TL dozimetri koji se koriste u ovoj oblasti dozimetrije zračenja, karakterišu se dugovremenskom stabilnošću na povišenim temperaturama, otpornošću na vlagu, itd. Specijalna primena ovih TLD-a pruža precizne podatke i o vrednostima doza od kosmičkog zračenja, gama zračenja iz fallout-a, od prirodnih radionuklida, itd.

Čitači termoluminescentnih dozimetara - Očitavanje intenziteta emitovane svetlosti iz termoluminescentnih dozimetara vrši se na specijalnim aparaturama, čitačima termoluminescentnih dozimetara. Čitači termoluminescentnih dozimetara su instrumenti koji se u osnovi sastoje od: (a) sistema za zagrevanje TL dozimetara, (b) sistema za kolekciju i detekciju svetlosti koju emituje TL dozimetar - senzorski sistem; (c) sistema za merenje signala, i (d) sistema za registrovanje signala.

U odnosu na svoju namenu, čitači TL dozimetara mogu se, uopšteno uzevši, svrstati u laboratorijske čitače konstruisane u samim laboratorijama, namenjene istraživanjima u oblasti termoluminescencije.Drugi tip su komercijalni TLD čitači analizatorskog tipa, namenjeni pre svega istraživanjima, u različitim varijantama, zavisno od proizvođača. Treći tip su mikroprocesorski kontrolisani TLD sistemi poluautomatskog i automatskog tipa namenjeni za personalnu dozimetriju koji se povezuju sa računarskom jedinicom radi evaluacije mernih rezultata i arhiviranja vrednosti doza.

U ovome momentu primat u oblasti visokoautomatizovanih TLD sistema ima japanska firma Panasonic, sa svojim sistemom Panasonic Model 710 A, koji se odlikuje specijalnim rešenjem za grejni sistem koji omogućava ultra brzu evaluaciju TL dozimetara, bez prethodnog vađenja TL dozimetara iz kasete. U daljem redosledu, nekoliko komercijalnih proizvođača nude TLD sisteme približno jednakih karakteristika, a to su (a) Harshaw Reader Type 2276 , Harshaw Model 2271 Automatic TL Detector; (b) brzi, visokoautomatizovani TLD sistem C.E.N. Fontenay-aux-Roses, u kome se četiri TL dozimetra iz jedne kasete simultano očitavaju i vode sa četiri svetlovoda na četiri PM cevi, (c) Pitman Automated TLD System Model 605 ; (d) Risø/Alnor automatic TL reader type1313B, automatski TLD čitač koji bazira na principu zagrevanja TL dozimetara sa vrelim azotom, itd. Navedeni visokoautomatizovani TLD sistemi koriste se isključivo za personalnu dozimetriju u velikim centralizovanim nacionalnim laboratorijama, u Velikoj Britaniji, Kanadi, Austriji, Danskoj,

Finskoj, kao i u većini institucija koje obavljaju personalnu dozimetrijsku kontrolu.

Termoluminescentna dozimetrija u SFRJ

Prateći kretanja u svetu, termoluminescentna dozimetrija se razvijala u više naučnih i drugih centara u našoj zemlji, tokom više od 20 godina.

Prve pokušaje i realizacije na ovom polju učinio je Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, gde su razvijeni termoluminescentni dozimetri tipa CaF_2:Mn kao i prateća instrumentacija - čitači TL dozimetara. Ovaj razvoj je bio namenski usmeren na primenu u masovnoj dozimetriji, za potrebe armije i Civilne zaštite, bez većeg interesa za usmeravanje na problematiku dozimetrije zračenja, odnosno TL dozimetrije.

Početkom sedamdesetih godina, u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, započelo se sa programom razvoja termoluminescentne dozimetrije,proučavanjem fundamentalnih procesa termoluminescencije u različitim prirodnim i sintetičkim materijalima koji je rezultovao u rešenju više problema savremene termoluminescentne dozimetrije. Bazirajući rad na istraživanju osnovnih procesa i mehanizama termoluminescencije, omogućen je razvoj i realizacija više tipova TL dozimetara za primenu u različitim oblastima dozimetrije zračenja, od personalne dozimetrije do merenja doza zračenja u životnoj sredini. Razvijena je metoda i tehnologija za velikoserijsku proizvodnju više tipova sinterovanih TL dozimetara: MgB_4O_7:RE, MgB_4O_7:RE (senzibiliziran), $Li_2B_4O_7$:Mn, $Li_2B_4O_7$:Cu, $CaSO_4$:Dy i $CaSO_4$:Tm. Posebno, u oblasti beta dozimetrije realizovan je novi tip beta dozimetara , MgB_4O_7:Dy,C sa primesom grafita i koji, prema sadašnjem stanju razvoja u ovoj oblasti dozimetrije, predstavlja jedan od najperspektivnijih TL dozimetara za merenje doza beta zračenja. Za potrebe neutronske dozimetrije, u toku je realizacija novog tipa albedo TL dozimetra koji omogućava separatno merenje doza neutronskog i gama zračenja. U Institutu u Vinči razvijen je prenosni uređaj, čitač TL dozimetara za potrebe masovne lične dozimetrije i potrebe Civilne zaštite, a koji se takođe može koristiti i u ostalim oblastima dozimetrije zračenja. Neka od funkcionalnih rešenja kao što su senzorski i grejački sistem u ovom TLD čitaču su originalno rešeni.

Razvoj problematike termoluminescentne dozimetrije u Institutu u Vinči, posebno tkivnoekvivalentnih TL dozimetara visoke osetljivosti, omogućio je da Institut u Vinči bude prva od institucija ovlašćenih za poslove kontrole doza zračenja za lica izlo-

žen uticaju jonizujućeg zračenja koja je 1978. godine uvela TL dozimetre u ličnu dozimetrijsku kontrolu.

U toku poslednjih nekoliko godina, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, započeo je sa uvođenjem termoluminescentne dozimetrije sa TLD-IBK, Vinča, u ličnu dozimetrijsku kontrolu. Takođe, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb uvodi termoluminescentnu dozimetriju u ličnu dozimetrijsku kontrolu (sa TLD-IBK, Vinča); isti proces je u toku i u Zavodu SR Slovenije za varstvo pri delu. Dispanzer za medicinu rada, SAP Kosovo, Priština, već nekoliko godina za ličnu dozimetrijsku kontrolu koriste termoluminescentne dozimetre (TLD-IBK,Vinča).

Pored ovlašćenih institucija za poslove zaštite od zračenja, u okviru kojih se opaža jasna tendencija uvođenja TL dozimetrije u ličnu dozimetriju, veliki broj institucija, kao što je na pr. Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, u Kliničkim Centrima u Zagrebu, Ljubljani, Beogradu, Sarajevu, Kragujevcu, itd, koriste se mogućnosti TL dozimetrije za primenu u različitim oblastima naučnih i drugih delatnosti.

Primeni termoluminescentne dozimetrije u celoj zemlji velikim delom je doprinela činjenica da se TL dozimetri proizvode u zemlji. Osvajanjem proizvodnje prateće instrumentacije-čitača TL dozimetara, za koju postoje realne mogućnosti, postigla bi se, u velikom broju slučajeva, nezavisnost od uvoza i još brža i obimnija primena termoluminescentne dozimetrije.

Rezime: status i budući trend TL dozimetrije

Termoluminescentna dozimetrija je nesumnjivo dominantna metoda u savremenoj dozimetriji zračenja, u različitim oblastima naučne i stručne delatnosti.

Ekspanzija termoluminescentne dozimetrije, posebno u oblasti personalne dozimetrije kao najmasovnijeg oblika primene termoluminescentne dozimetrije kao i razvoj visokoautomatizovanih aparatura , brzih TLD sistema sa malim brojem disfunkcija, pruža povoljne mogućnosti za stvaranje velikih nacionalnih centralizovanih laboratorija za personalnu dozimetriju. U našoj zemlji, kao i u većini drugih zemalja, preovladava decentralizovani razvoj laboratorija za personalnu TL dozimetriju u kojima se, u skladu sa svojim pre svega stručnim, a zatim i materijalnim mogućnostima, koriste u većoj ili manjoj meri mogućnosti i prednosti termoluminescentne dozimetrije.

U okviru zahteva savremene dozimetrije zračenja, termoluminescentna dozimetrija je usmerena na rešavanje niza specifičnih problema čije bi savladivanje doprinelo povećanju tačnosti TL metode i, možda , u neočekivanom vidu proširilo polje primene ove dozimetrijske metode. U tom smislu čine se sledeći pokušaji: (a) fundamentalna istraživanja u oblasti termoluminescencije imaju za cilj postavku kompletene teorijske osnove bazičnih mehanizama efekta termoluminescenoije, s obzirom da bi poznavanje ovih mehanizama omogućilo da termoluminescentna dozimetrija postane apsolutna dozimetrijska metoda; (b) razjašnjavanje procesa i fenomena senzibilizacije emisije osnovnog aktivatora u nekim TL materijalima; (c) usavršavanje postupka re-estimacije doza zračenja sa jednom već očitanog TL dozimetra, primenom efekta foto-transfera termoluminescencije sa UV zračenjem; (d) dalji razvoj metode za predloženi postupak dobijanja vizuelnih predstava(slika) ozračenosti ili tzv. "TL filma", odnosno "dvodimenzionalne TL dozimetrije" koja pruža neočekivane mogućnosti (Japan, Matsushita El. Co). (e) u oblasti TL instrumentacije, savremena dozimetrija zračenja takođe postavlja sve kompleksnije zahteve, a to je pre svega razvoj TLD čitača ekstremno visoke osetljivosti kao što je foton-counting tehnika koja omogućava da se sa komercijalnim TL dozimetrima $CaSO_4$:Tm visoke efikasnosti TL emisije detektuju tako niske vrednosti doza zračenja kao što je 0,5 /uGy (50 /urad).

Očigledno, široke mogućnosti primene termoluminescentne dozimetrije, njena fleksibilnost, mogućnost korišćenja u pomenutim raznorodnim oblastima nauke i prakse, pružaju osnovu za prevazilaženje i proširivanje standardnih postupaka i metoda u problematici savremene dozimetrije zračenja.

Abstract

THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY APPLIED TO CURRENT RADIATION DOSIMETRY

In this review the present state of the development and application of thermoluminescence dosimetry in current radiation protection dosimetry in the world and in our country is presented.

The main characteristics of thermoluminescent dosemeters, the fields of application of TL dosimetry, as well as the present state of the development of TLD reader instruments are discussed. It is also indicated some future trends of the thermoluminescence dosimetry.

Literatura

1. Becker K.: Solid State Dosimetry (CRC Press, Cleveland, Ohio 1973.)
2. Cameron J.R, Suntharalingam and Kenney G.N.: Thermoluminescent Dosimetry (The University of Wisoonsin,1968).
3. Prokić M.: Doktorska disertacija, Beograd(1976).
4. Daniels F.: Report 4th Symp. Chem. Phys. Rad. Dosimetry, Part I Army Chem. Center, Edgewood, Md.,148,(1950).
5. Cameron J.R., Zimmerman D.W. and Bland R.W.: Progress Report AEC Contract 11-1-1105, (1963).
6. Schulman J.H., Kirk R.D. and West E.J.: Proc. First International Conference on Luminescence Dosimetry, Stanford,June (1965).
7. Christensen P., Proc. Second International Conference on Luminescence Dosimetry, Gatlinburg, September (1968).
8. Prokić M.: Health Physics, 42 (1982) 849.
9. Yamashita T., Nada N., Onishi H. and Katamura S.: Health Physics, 21 (1971) 295.
10. Prokić M.: Nucl. Instr. and Meth. 151 (1978) 603.
11. Christensen P. and Majborn B.: Nucl. Instr.and Meth, 175 (1980) 74.
12. Lakshmanan A.R. et al.: Int. J. Appl. Radiat. Isot. 31 (1979) 107.
13. Charles M.V. and Khan Z.U.: Proc. Int. Symp. on Advances in Radiation Protection Monitoring, IAEA, Stockholm (1979) 87.
14. Koszyński M. et al.: Proc. Fourth International Conference on Luminescence Dosimetry, Krakow, August (1974).
15. Prokić M.: Physics in Med. Biol. (in press).
16. Tuyn J.W.N.: Proc. Fifth International Conference on Luminescence Dosimetry Sao Paulo (1977).

XIII Yugoslav Symposium on Radiation Protection
Pula, June 10-13, 1985

Christensen, Poul
Risø National Laboratory
DK-4000 Roskilde, Denmark

PERSONAL BETA/GAMMA DOSIMETRY AT RISØ NATIONAL LABORATORY

ABSTRACT

This paper briefly describes the dosimetry system applied at Risø National Laboratory for individual monitoring and discusses its capability in measuring the quantities recommended by ICRP and ICRU. Furthermore, the design of a badge for improved beta dosimetry using graphite-mixed MgB_4O_7:Dy tablets is outlined.

INTRODUCTION

From the beginning of the sixties Risø has been engaged in investigations of TLD techniques leading to the development of an automated TLD system including a personal badge (1). The TLD system was found to compare favourably with films, especially on accuracy, tissue equivalence, resistance to environmental effects (light, humidity, temperature), automated processing, computerised data handling, and economy. In 1975, the beta/ gamma films were replaced by the TLD system. It was recognised that the TLD system was unable to keep a permanent record of the dose reading as were films; however, it was already generally accepted that a printed result obtained from a reliable dosimetry system would serve satisfactorily for legal purposes. Another argument against TLD is that a TL dosemeter cannot provide as much information about the irradiation conditions (contamination of the badge, direction of radiation incidence, identification of radiation source) as a film; however, most personal monitoring requires only a figure of the measured dose obtainable from a simple, non-discriminating dosemeter.

RISØ PERSONAL TLD BADGE

The TLD badge contains four solid LiF TL detectors that can be read-out sequently in the TLD reader. The badge consists of an identification-coded dosemeter holder keeping the TLD's in 5-mm diameter depressions, a one-mm thick aluminum shield provided with a 3.5-mm diameter beta window, and a plastic cassette with clips, photo and badge number for wearing the dosemeter unit (see Figure 1). The detector for estimating the skin dose is positioned behind the beta window and shielded by the 30 $mgcm^{-2}$ thick photo cover. The remaining three detectors are equally shielded by 1 mm aluminum, 1 mm plastic and the photograph, amounting to a total density thickness of 430 $mgcm^{-2}$. One of them is used for a deep dose estimate from photon exposures, one for detecting neutron exposures and the third reserved for read-out in the case of instrument failure and for verifying unusually high doses.

Figure 1. Exploded view of the Risø Personal TLD badge.

Two types of LiF detectors are used: 35 mg, 4.5 mm diameter, hot-pressed LiF TLD-700 (Harshaw) and 35 mg, 4.7 mm diameter, sintered, natural LiF (Risø). For areas where only beta- and photon exposures can be expected, a combination of one LiF TLD-700 and three natural LiF is used. For mixed beta/gamma/neutron fields detection is made with a combination of three LiF TLD-700 and one natural LiF. Originally $Li_2B_4O_7$:Mn detectors were applied together with LiF TLD-700. However, due to unexplainable spurious dose readings occasionally observed from the borate tablets the production of sintered, natural LiF tablets according to the method developed by Niewiadomski (2) was initiated. $Li_2B_4O_7$:Mn dosemeters are attractive for short-term monitoring and are still used for extremity dosemetry at Risø.

PHOTON DOSIMETRY

The application of a near-tissue equivalent dosemeter, e.g. LiF, has the advantage of providing a simple dose evaluation with no need for correcting for energy dependence. The ICRP recommends a system of dose limitation which implies the estimation of dose equivalents to various, specified organs. These are essentially unmeasurable and, as a result, the ICRU has recently specified two quantities for individual monitoring, $H_p(10)$ and $H_s(0.07)$ which are regarded as adequate for measuring effective dose equivalent and skin dose equivalent, respectively (3). Figure 2 shows that the two quantities for exposure to photons with energies above 15 keV can be measured by the Risø TLD badge with a margin of error within ± 20%.

Our practical routine processing is based on a lower measuring dose level of approximately 0.05 mSv.

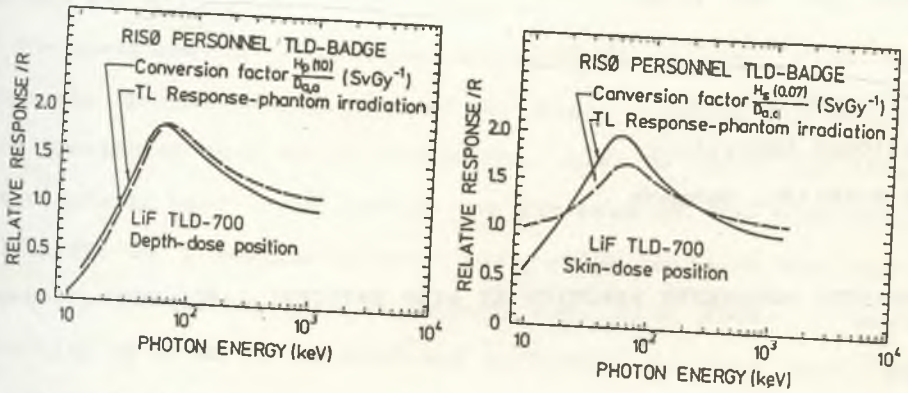


Figure 2. The energy response of the depth dose and skin dose detector of the TLD badge compared with the energy dependence of the conversion factors converting absorbed dose free in air to $H_p(10)$ and $H_s(0.07)$ respectively (4).

BETA DOSIMETRY

Due to the thickness of the detector as well as shield, the skin dose detector of the Risø TLD badge is unsuitable for measuring doses from low-energy beta particles. A modified badge keeping a thin detector in a depression of the top side of the badge and shielded by a 5 mgcm^{-2} plastic cover has been designed and is now being tested. An attractive solution for the beta detector is the graphite-mixed, sintered MgB_4O_7:Dy tablets developed at The Boris Kidrić Institute, Belgrade anabling a combination of near tissue equivalence, with high sensitivity and an excellent beta-energy response (5).

REFERENCES

1. Bøtter-Jensen L., Christensen P. and Majborn B., Proc. 3rd Int. Congr., IRPA, Washington, (1974) 675.
2. Niawiadomski T., Nukleonika 21, (1976), 1097.
3. ICRU Report 39, (1985).
4. Hohlfeldt K. and Grosswendt B., Rad. Prot. Dos. 1, (1981) 277.
5. Prokić M. and Christensen P., Rad. Prot. Dos. 6, (1983), 133.

XIII Yugoslav Symposium on Radiation Protection

Pula, June 10 - 13, 1985.

Bøtter-Jensen, L.

Risø National Laboratory

DK-4000 Roskilde, Denmark

ENVIRONMENTAL DOSIMETRY PRACTICE AT RISØ NATIONAL LABORATORY

ABSTRACT

Environmental monitoring of natural gamma radiation based on automated processing of solid TL dosemeters is discussed. In this connection properties of LiF and $CaSo_4$:Dy dosemeter materials in addition to handling and calibration procedures have been intensively investigated. A lowest detectable level of approximately 2 μGy and an overall accuracy < 3% have been obtained.

INTRODUCTION

Many years of experience at Risø National Laboratory with the measurement of environmental gamma doses by means of TL dosemeters has resulted in a well-established automated processing. Different locations are monitored routinely by solid TL dosemeters contained in identification-coded holders that are handled in an automated TL reader. Computer programs were developed accordingly for the evaluation of the individual doses and the conversion to average dose rates.

LiF materials from the Harshaw Chemical Company and the Institute of Nuclear Physics in Krakow have been intensively studied for several years. $CaSO_4$:Dy sintered pellets from the Boris Kidrić Institute in Belgrade were recently supplied and investigated with good results.

METHODS AND MATERIALS

The environmental dose rates at different locations one meter above the ground are determined by Risø standard TLD packages, each containing four solid dosemeters, three of which are intended for automatic processing leaving one for back-up. The Risø-designed TLD holder is a moulded plastic unit which contains the TLD's in depressions together with a binary I.D. hole code. A sandwich shielding of 1 mm Al is provided to obtain electron equilibrium. An exploded view of the TLD package is shown in Fig. 1. The TLD units are read in a Risø-designed automated TL reader that uses hot nitrogen as the heating medium (1). Each dose is determined from the mean value of three individual dosemeter responses. Our routine environmental monitoring programme incorporates a six-month dose integration period.

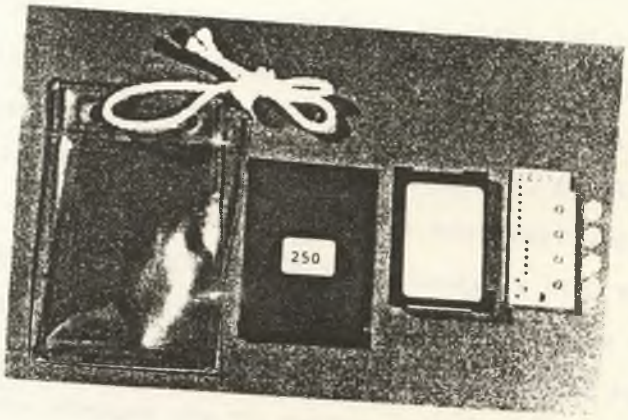
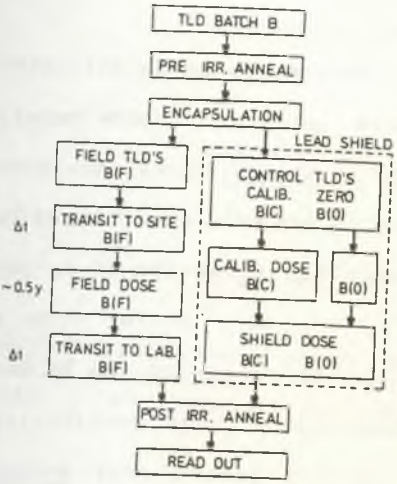


Fig. 1. Exploded view of the environmental TLD package.

A special procedure for the evaluation of environmental doses has been outlined and the dosemeter handling is indicated in Fig. 2. Fading is compensated for by storing pre dosed calibration dosemeters in a lead shield during the integration period. A high reproducibility and accuracy is gained by annealing the calibration



INDIVIDUAL FIELD DOSE D(F):

$$D(F) = \frac{R(F)}{R(C)-[R(SO)-R(O)]} \times \frac{D(C)}{R(C)-[R(SO)-R(O)]}$$

R(F) =RESP. OF INDIVIDUAL FIELD TLD
R(C) =RESP. OF PRE-DOSED CAL. TLD (SHIELD)
R(SO)=RESP. OF ZERO-DOSE TLD FROM SHIELD
R(O) =RESP. OF FRESHLY ANNEALED TLD
D(C) =CALIBRATION DOSE
NB! For integration periods $\geq$ 0.5 Y, transit dose is considered negligible.

Fig. 2. Environmental dosemeter handling, schematically.

and field dosemeters in common. For integration periods $\geq$ 0.5 Y, the dose is considered negligible.

TL dosemeters used and investigated are: 1) LiF-7 (TLD-700) chips 3x3x0.8 mm (Harshaw Chemical Co.(2)), 2) LiF-7 and LiF-natural hot sintered pellets 4.2 mm diameter x 0.8 mm (T. Niewiadomski, Institute of Nuclear Physics, Krakow(3)), and 3) $CaSO_4$:Dy sintered pellets (M. Prokić, Boris Kidrić Institute, Belgrade(4)). LiF dosemeters were pre-irradiation annealed at 400°C for 1 hour followed by 100°C for 2 hours using a fast cooling profile to obtain a high sensitivity. A post-irradiation annealing at 100°C for 15 minutes is normally provided. $CaSO_4$:Dy dosemeters are annealed much simpler by running the dosemeters once through the TL reader with a N_2-gas temperature of approximately 300°C for 15 sec. This procedure is performed automatically and prevents daylight from affecting the $CaSO_4$:Dy material.

Environmental TL dosemeter responses are frequently compared with that of high-pressure ionization chambers (5) to control dosemeter responses. The ionization chambers are calibrated against certified gamma sources according to calibration procedures outlined by Risø National Laboratory (6).

RESULTS AND DISCUSSION

Routine processing of LiF and $CaSO_4$:Dy dosemeters in an automated TL reader have shown a lowest detectable level of approximately 2 μGy for both materials, and an accuracy < 3% for normal environmental dose levels is obtained. LiF materials are well established TL phosphors for environmental monitoring with the advantage of an excellent energy dependence and stability, but they suffer from a complicated annealing procedure from which errors easily can be introduced. $CaSO_4$:Dy material has the advantage of high sensitivity and a simple annealing procedure, but suffers from a poor energy dependence that has to be compensated for by incorporating filters especially against the natural environmental spectrum which has a significant low-energy component. LiF and $CaSO_4$:Dy dosemeters contained in Risø TLD units were experimentally exposed to ^{137}Cs, ^{60}Co, and natural background radiation doses. Excellent agreement was found except for the natural background radiation where the unfiltered $CaSO_4$:Dy pellets show an expected overresponse of approximately 30%. However, by suitable filtering, the new $CaSO_4$:Dy sintered pellets from the Boris Kidrić Institute are considered an interesting alternative for natural background measurements due to an excellent sensitivity and an easy treatment.

REFERENCES

1) Bøtter-Jensen, L., Christensen, P., and Majborn, B. Proc. 3rd Int. Congr., IRPA, Washington, (1974) 675.

2) Cox, F.M., and Lucas, A.C. Health Phys. 27, (1974) 339.

3) Niewiadomski, T. Nukleonika 21, (1976) 1097.

4) Prokić, M.S. Health Phys. 42, (1982) 849.

5) Nielsen, S.P., and Bøtter-Jensen, L. Risø-M-Report 2239, (1981).

6) Bøtter-Jensen, L. Proc. 3rd Int. Symp. SRP, Inverness, (1982) 685.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985. godine

Vojvodić Vlaho
Vojnotehnički institut, Beograd

BRZINA NEUTRONSKE DOZE NUKLEARNIH EKSPLOZIJA

SAŽETAK: Analizirana je brzina neutronske doze fisionih i fuzionih nuklearnih eksplozija na rastojanju 900 m od izvora. Analiza pokazuje da lični neutronski dozimetri za vanredne uslove treba da budu linearni do oko 10^7 Gy/s.

U V O D

U radu /1/ date su sve bitne karakteristike početnog impulsa nuklearnog zračenja nuklearnih eksplozija (NE), fisionog i fuzionog tipa, osim energetskog spektra i brzine doze neutronskog i gama zračenja. Medjutim, pri projektovanju i ispitivanju ličnih neutronskih dozimetara za vanredne uslove bitan parametar je i maksimalna brzina neutronske doze do koje neutronski dozimetar mora biti linearan. U ovom radu analizira se taj problem.

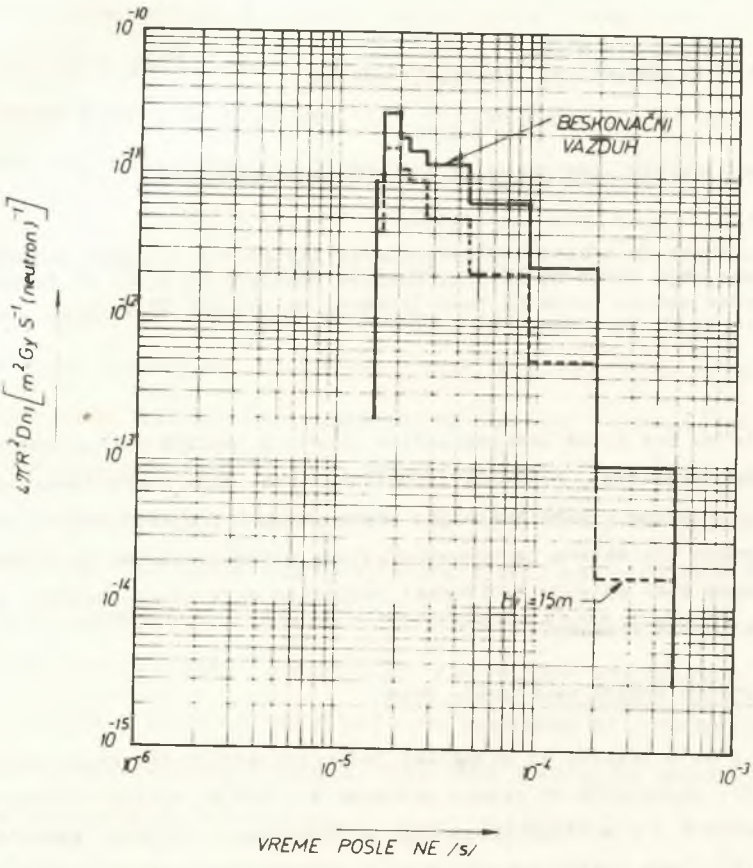
Normirana jedinična brzina neutronske doze

Na slikama 1. i 2. prikazani su dijagrami jedinične brzine neutronske doze za sledeće uslove /2/: rastojanje od izvora neutrona R = 900 m; visina izotropnog neutronskog dozimetra h = 1 m iznad prosečnog ravničarskog zemljišta; gustina vazduha $\rho = 1{,}1\ kg/m^3$. Puna linija odnosi se na izvor neutrona u beskonačnoj vazdušnoj sredini, a isprekidana na izvor neutrona na visini 15 m iznad zemljišta. Slika 1. se odnosi na spektar brzih neutrona od 12,2 do 15 MeV, a slika 2. na fisioni izvor neutrona.

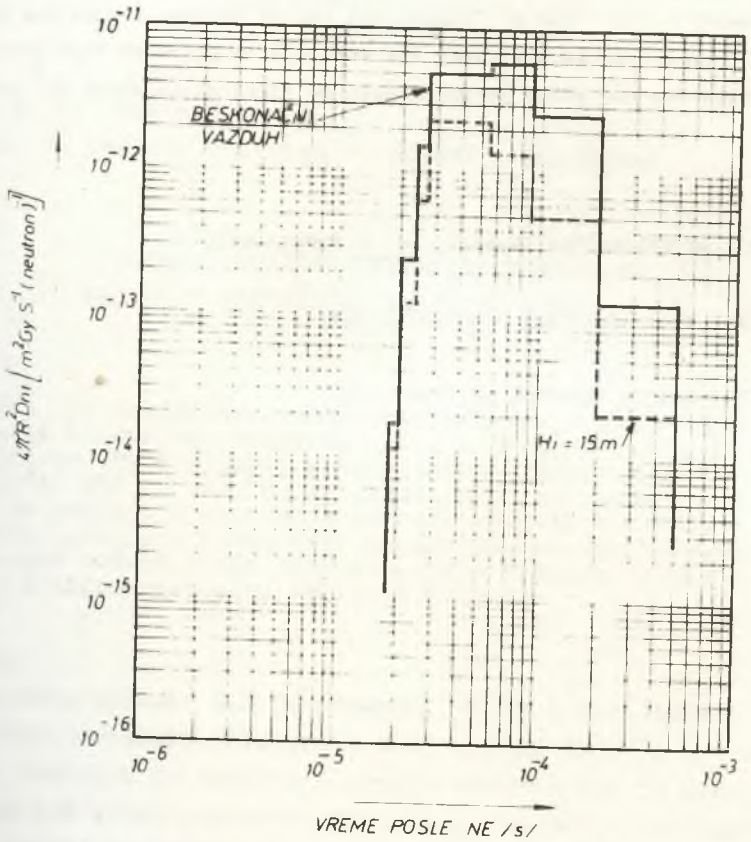
Diskusija i zaključak

Što je izvor neutrona bliže granici zemlja - vazduh, manja je brzina neutronske doze. Približavajući se izvoru neutrona brzina neutronske doze raste i apsolutno i relativno. Maksimalna brzina neutronske doze pri termonuklearnim NE, uključujući i eksplozije neutronskog oružja, pri svim ostalim jednakim uslovima, veća je za oko 50-100 puta nego pri fisionoj NE iste energije.

Ako je gornja granica mernog opsega neutronskog ličnog dozimetra za vanredne uslove jednaka 10 Gy, onda on treba da bude linearan do 10^7 Gy/s. Isti zahtev važi i za armiju SAD /3/.



Slika 1. **Normirana jednačina brzine neutronske doze od izvora neutrona 12,2 do 15 MeV, na visini od 1 m iznad prosečnog ravničarskog zemljišta, na rastojanju 900 m od izvora, za slučaj kada je izvor neutrona u beskonačnoj vazdušnoj sredini (puna linija) i kada je na visini H_i = 15 m (isprekidana linija) /2/.**



Slika 2. Normirana jednačina brzine neutronske doze od izvora fisionih neutrona na visini od 1 m iznad prosečnog ravničarskog zemljišta, na rastojanju 900 m od izvora, za slučaj kada je izvor neutrona u beskonačnoj vazdušnoj sredini (puna linija) i kada je na visini H_1 = 15 m (isprekidana linija) /2/.

NEUTRON DOSE RATE OF NUCLEAR EXPLOSIONS

ABSTRACT: The neutron dose rate of fission and fusion nuclear explosions on distance of 900 m from source is analised. The analysis to point at that personal neutron dosimeters for energency purposes must be lineared to about 10^7 Gy/s.

LITERATURA:

1. Vojvodić, V.: Vojnotehnički Glasnik, br. 5 (1982) 562.

2. Stroker, E.A.: Nucl. Sci. Eng. 46 (1971) 334

3. Kroneberg, S.: Health Physies. 14 (1968) 41

XIII. Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja

Pula, 10-13. lipnja 1985

Dražič G. in Trontelj M.
Institut J. Stefan, Univerza E. Kardelj, Ljubljana

IZRAČUN KINETIČNIH PARAMETROV ŽARILNE KRIVULJE SINTRANIH TLD $CaSO_4$ - Dy

IZVLEČEK: Iz eksperimentalnih podatkov smo z različnimi metodami izračunali kinetične parametre pikov v žarilni krivulji sintranih TLD $CaSO_4$-Dy. Ti dozimetri kažejo poleg običajnih pikov pri temperaturah okoli 150 in 200 °C še izrazit pik pri temperaturi okoli 300 °C, ki je posledica sintranja delcev izhodnih kemikalij. Upoštevajoč numerične vrednosti kinetičnih parametrov smo po matematičnem modelu TL procesov računalniško rekonstruirali žarilno krivuljo in jo primerjali z eksperimentalno dobljeno krivuljo.

1. UVOD:

Za praktično uporabo TLD je pomembna poleg občutljivosti, energijske odvisnosti, mehanskih lastnosti tudi oblika žarilne krivulje dozimetrov. Običajno je žarilna krivulja sestavljena iz nekaj pikov, ki so lahko med seboj popolnoma izolirani, se med seboj lahko delno, ali pa precej prekrivajo. Zaželjeno je, da je pik ki ga uporabljamo za dozimetrijske meritve izoliran od ostalih, da ni valovna dolžina svetlobe preblizu rdečem delu spektra in da je temperatura, pri kateri se pojavi TL pik nekje med 200 in 300 °C. Če je ta temperatura prenizka, je upadanje odziva obsevanega dozimetra s časom (fading) veliko, če pa je ta temperatura previsoka lahko nastopijo težave pri meritvah dozimetrov zaradi IR sevanja.

Za pojav pika v žarilni krivulji dozimetra so odgovorni diskretni nivoji v zonskem diagramu snovi, katerih energija je med energijo valenčnega in energijo prevodnega pasu, v katere se med obsevanjem ujamejo elektroni. Ti nivoji (elektronske pasti) so posledica defektov v kristalni mreži snovi, ki jih imenujemo TL centri.

Temperatura in s tem tudi stabilnost pika ter linearnost odziva je odvisna od reda kinetike TL procesa, energije aktivacije in od frekvenčnega faktorja (ki je povezan s frekvenco valovanja elektrona v pasti).

Kot smo že poročali /1,2/ je za žarilno krivuljo dozimetrov, pripravljenih s sintranjem prahov $CaSO_4$, Dy_2O_3 in $Mg_3(BO_3)_2$ značilen izrazit pik pri temperaturi okoli 300 °C (300-350 °C), kar ni značilno za klasično pripravljene dozimetre s kristalizacijo /3/ iz H_2SO_4 raztopine. Ta visokotemperaturni pik, ki ima izredno nizek fading tudi pri povišani temperaturi, je posledica TL centrov, ki nastanejo med procesom sintranja in so locirani v bližini mej med zrni.
Namen našega dela je bil določiti osnovne kinetične parametre tega in ostalih dveh pikov v žarilni krivulji sintranih dozimetrov.

2. IZRAČUN KINETIČNIH PARAMETROV

Iz simetrije pikov po metodi, ki jo je predlagal Chen /4/ in po metodi, ki sta jo predlagala Halperin in Braner /5/ smo ugotovili, da pri vseh treh pikih v žarilni krivulji imamo opravka z drugim redom kinetike. Tako lahko intenziteto oddane svetlobe v odvisnoti od temperature med segrevanjem opišemo z enačbo /6/:

$$I = n_o^2 . s' \exp(-E/kT) \left(1+(n_o . s'/\beta) \int_{T_o}^{T} \exp(-E/kT) . dT\right)^{-2} \qquad 1.)$$

Pri čemer je I intenziteta izsevane svetlobe, n_o je začetna koncentracija elektronov v pasteh, s´je frekvenčni faktor, E je aktivacijska energija, β je hitrost segrevanja, T je absolutna temperatura in k je Boltzmanova konstanta.
Ne glede na red kinetike lahko TL proces opišemo z izrazom:

$$I = F . \exp(-E/kT) \qquad 2.)$$

pri čem je F funkcija n_0, s´...
Iz diagrama ln(I) v odvisnosti od 1/T lahko izračunamo aktivacijsko energijo. F je konstantna zgolj v začetnem delu krivulje ("initial rise" metoda), zato pri izračunu upoštevamo zgolj vrednosti za I do približno polovice višine pika.
Podobno metodo sta predlagala Halperin in Braner /5/, kjer iz naklona premice $\ln(I/n^b)$ (pri tem je b red kinetike in n je koncentracija zasedenih pasti pri temperaturi T) v odvisnosti od 1/T prav tako lahko izračunamo aktivacijsko energijo in red kinetike.
V tabeli 1 imamo prikazane številčne vrednosti parametrov, izračunanih po različnih metodah.

Krist. TLD[a]	$E^{(c)}$ ev	$E^{(d)}$ ev	$b^{(e)}$	$s^{(f)}$ s^{-1}	$s^{(g)}$ s^{-1}
pik 150	0,95±0.08	0.93±0.09	1.8±0.2	9 ± 2.10^{9}	
Sint.TLD[b]					
pik 150	0.84±0.08	0.85±0.09	1.9±0.2	12 ± 3.10^{9}	
pik 200	1.25±0.08	1.28±0.09	2.0±0.2	10 ± 2.10^{12}	
pik 300	1.61±0.08	1.65±0.09	2.0±0.2	5 ± 2.10^{13}	10^{13}–10^{14}

(a) dozimeter pripravljen s kristalizacijo
(b) dozimeter pripravljen s sintranjem
(c) "initial rise" metoda
(d) Halperin /5/
(e) Halperin /5/
(f) Chen /4/
(g) Simmons-Tam /7/

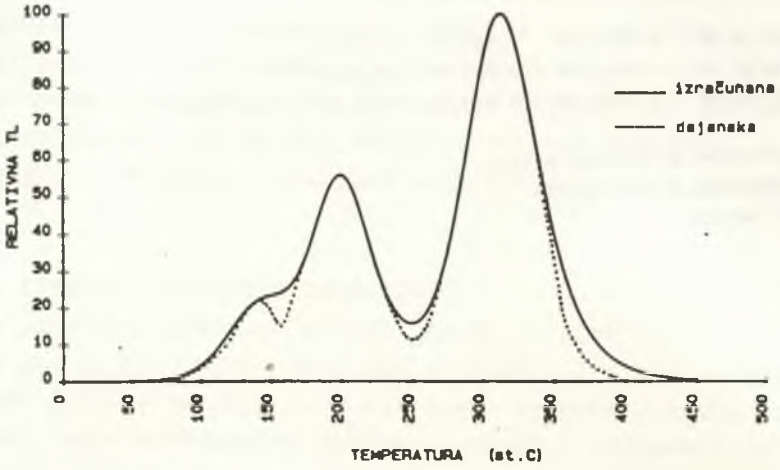
Tabela 1

Iz enačbe 1) in popravljenih (metoda najmanjših kvadratov) številčnih vrednosti kinetičnih parametrov smo rekonstruirali žarilne krivulje za sintrane dozimetre. Integral v enačbi 1) smo izračunali po metodi, ki jo je predlagal Jenkins ([8]). Na sliki 1 vidimo, da je ujemanje med rekonstruirano in dejansko žarilno krivuljo precejšnje, razen v delu med pikoma 150 in 200, kar je verjetno posledica tega, da je dejanski red kinetika za pik 150 nižji od 2. Neujemanje med krivuljama v visokotemperaturnem delu pika 300 pa je posledica neenakomernega segrevanja tablete v čitalcu (Harshaw A + B) med meritvijo.

ABSTRACT:

Kinetic parameters for peak 300 was evalueted with different methods. The glow peak hase E_a = 1,61 ± 0,08 eV, S = 5± 2.10^{13} s^{-1} and has order of kinetics b = 2.0 ± 0.2.

pik	142	200	313
delez	0.20	0.53	1.00
s (1/s)	9.24*10↑9	1.01*10↑13	2.96*10↑13
E (eV)	0.85	1.25	1.61



Slika 1: Primerjava izračunane in dejanske žarilne krivulje za sintran dozimeter $CaSO_4$-Dy

3. LITERATURA

(1) Dražič G., Trontelj M., Int. J. Appl. Radiat. Isot., 34 ,12, 1633, 1983

(2) Dražič G., Trontelj M., Radiation Protection Dosimetry, 6, 1-4, 344, 1984

(3) Yamashita T., Nada N., Onishi H., Kitamura S., 2 nd Int. Conf. on Luminescence Dosimetry, Gatlinburg, Tennessee, 4, 1968,

(4) Chen R., J. Mater. Sci., 11, 1521, 1976

(5) Halperin A. in ostali, Phys. Rev. 117, 416, 1960

(6) Garlick G., Gibson A., Proc. Phys. Soc., 60, 574, 1948

(7) Simmons J., Tam M., Phys. Rev., B7, 3706, 1973

(8) Jenkins T., J. Comput. Phys., 29, 302, 1978

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Miljanić S., Dvornik I., Dugonjić B., Duftschmid K. E.* i Tomljenović I.**
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb
* Austrijski istraživački centar, Seibersdorf
** "Rudi Čajavec", Banja Luka

MOGUĆNOSTI BAŽDARENJA POLJA GAMA ZRAČENJA DOZIMETROM DL-M4

Sažetak U radu su uspoređeni rezultati mjerenja doza dozimetara DL-M4 zračenih u dva standardna laboratorija za dozimetriju gama zračenja. Rezultati potvrđuju visoku reproducibilnost mjerenja ovim dozimetrima i pokazuju da se oni mogu koristiti za baždarenja polja gama zračenja.

Uvod

Lični dozimetar DL-M4 namijenjen je primjeni u akcidentalnim i ratnim radijacionim uvjetima. Analiza greške mjerenja pokazala je, međutim, da su reproducibilnost i točnost mjerenja doze dovoljni da se primjena ovog dozimetra proširi[1-4]. Tako se dozimetri DL-M4 koriste već više godina za kalibracije fotonskog i neutronskog (miješanog n+γ) polja zračenja za istraživanja u radiobiologiji[5-10]. U ovom radu pokazane su mogućnosti baždarenja polja gama zračenja ^{60}Co pomoću ovih dozimetara. Dozimetri su zračeni u dva standardna laboratorija za gama dozimetriju: Standardnom laboratoriju Instituta za zaštitu od zračenja Austrijskog istraživačkog centra Seibersdorf i Standardnom laboratoriju poduzeća "Rudi Čajavec" u Banja Luci.

Zračenja u Institutu za zaštitu od zračenja, Seibersdorf

U ovom standardnom laboratoriju (standardno polje gama zračenja ^{60}Co) zračeno je 4 grupe dozimetara sa po 4 dozimetra u svakoj grupi. Dozimetri su zatim poslani poštom u Institut "Ruđer Bošković" te je tu 15 dana nakon zračenja očitana doza. Da bi se dobile vrijednosti doza u vrijeme zračenja, očitane doze povećane su za 4.45% koliko iznosi feding za 15 dana[11]. Tek nakon toga uspoređeni su rezultati

sa dozama standardnog laboratorija.

Rezultati ovog eksperimenta dati su u Tabeli 1. Vrijednosti standardnog laboratorija date su u röntgenima (stupac 2) te su množenjem sa 0.96 preračunate u apsorbiranu tkivnu dozu (stupac 3). Slučajne greške ekspozicije iznose ±0.5% dok ukupna nesigurnost koja uključuje apsolutno određivanje doze primarnim standardom iznosi 1.5%. Brzina ekspozicije iznosila je 33.9 R/min.

U 4. stupcu date su srednje vrijednosti za po 4 dozimetra koja su zračena istom dozom, a u 5. stupcu standardne devijacije za te srednje vrijednosti. Doza dozimetara DL-M4 određena je kolorimetrijskom metodom, očitavanjem po 20 puta na čitačima doza ČDL-M4 uz primjenu korekcije, očitavanjem etalona[1].

Zračenja u baždarnom laboratoriju poduzeća "Rudi Čajavec"

Za zračenje je korišten kolimirani snop izvora ^{60}Co aktivnosti 8.6583 TBq (234 Ci). Zračenja su vršena na radijacionoj klupi na udaljenosti 0.764 m od osi izvora uz brzinu doze od 8.333 cGy/min. Zračeno je 5 grupa sa po 5 dozimetara u svakoj. Dozimetrima je mjerena doza odmah nakon zračenja očitavanjem po 6 puta na čitačima ČDL-M4. Rezultati su pokazani u Tabeli 2.

Tabela 1. Rezultati zračenja dozimetara DL-M4 u Institutu za zaštitu od zračenja u Seibersdorfu

1	2	3	4	5		6
Broj eksperim.	Vrijednosti Ekspozicija (R)	stand. lab. Apsorbirana doza (cGy)	Srednja vrijednost doze za 4 DL-M4 (cGy)	Standardna devijacija (cGy)	(%)	4/3
1.	119.9	115.1	119.5	± 5.8	(4.9%)	1.04
2.	349.9	335.9	343.0	± 9.8	(2.9%)	1.02
3.	500.0	480.0	503.0	±16.8	(3.3%)	1.05
4.	900.2	864.2	890.5	±18.6	(2.1%)	1.03

Srednja vrijednost: 1.035

S: ±0.013

Diskusija rezultata

Rezultati očitavanja dozimetara DL-M4 pokazuju srednji odnos od 1.030±0.005 prema dozama oba standardna laboratorija. Unutar grupa dozimetara zračenih istom dozom nešto veće rasipanje je dobiveno za dozimetre koji su očitavani 15 dana nakon zračenja (5. stupac Tabele 1.)

Tabela 2. Rezultati zračenja dozimetara DL-M4 u baždarnom laboratoriju "Rudi Čajavec" u Banja Luci

1	2	3	4	5		6
Redni broj zračenja	Vrijeme zračenja (min)	Doza baždar. laboratorija (cGy)	Srednja vrijednost doze za 5 DL-M4 (cGy)	Standardna devijacija (cGy)	(%)	4/3
1.	12	100	108	± 5	(4.6)	1.08
2.	36	300	305	± 2	(0.7)	1.02
3.	54	450	454	± 4	(0.9)	1.01
4.	72	600	614	±13	(2.1)	1.02
5.	86	717	752	±15	(2.0)	1.05

Srednja vrijednost zračenja 2-5: 1.035

S: ±0.017

U Tabeli 2. rasipanju relativnih odnosa doza najviše je doprinjela grupa zračena 100 cGy kod koje je relativna greška najveća, pa se ovaj rezultat pri računanju ukupnog rezultata baždarenja može odbaciti. Za taj nivo doza bolje je upoređivati apsolutne razlike (u cGy) nego relativne odnose.

Zaključak

Rezultati potvrđuju visoku reproducibilnost mjerenja dozimetrima DL-M4 i čitačem ČDL-M4 (naravno pod uvjetom da se strogo poštuje "Uputstvo"[1]). To omogućava da se oni koriste i za dozimetrijska baždarenja polja gama zračenja ^{60}Co. Pri tom je moguće dozimetre slati poštom, a mjerenje znatno nakon zračenja neznatno povećava ukupnu nesigurnost određivanja doze.

Sistematska razlika od 3% koja se pokazala između vrijednosti doza izmjerenih dozimetrima DL-M4 i doza dvaju standardnih laboratorija posljedica je kalibracije ČDL-M4 koja je optimizirana za n+γ zračenje. Pri kalibracionim mjerenjima gama zračenja krajnji rezultat se korigira dijeljenjem sa 1.03.

Abstract

Dose measurements with DL-M4 dosimeters irradiated in two standard laboratories for gamma dosimetry are compared. The results confirm the high reproducibility of dose measurements by this dosimeter which makes the use of DL-M4 dosimeters suitable for calibrations of gamma radiation fields and transfer dosimetry.

Literatura

1. Miljanić S., Dvornik I. i Ranogajec-Komor M., Zbornik radova XI jug. simp. o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981, str. 439-445; "Uputstvo za upotrebu i održavanje DL-M4 i ČDL-M4", IRB, Zagreb, 1983.

2. Dvornik I., Živadinović M., Miljanić S. i Ranogajec M., Naučno-tehnički pregled, Vol. 32, br. 6 (1982) str. 3-17.

3. Miljanić S., Dvornik I., Šunduković D., Zbornik radova XII jug. simp: o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983, str. 660-666.

4. Dvornik I., Miljanić S., Živadinović M., Dugonjić B. and Ranogajec M.,Proc. XI Regional Congress of IRPA Austrian-Hungarian-Yugoslavian Radiation Prot. Meeting, Vienna, 1983, str. 138-143.

5. Dvornik I., Miljanić S., Ranogajec-Komor M. i Antić M., Zbornik radova XI jug. simp. o zaštiti od zračenja, Portorož, 1981, str. 409-412.

6. Jernej B., Levanat S., Cizelj A. i Deanović Ž., Radiol Iugosl. 16 (1982) 509-516.

7. Jernej B., Levanat S. i Miljanić S., Zbornik radova XII jug. simp. o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983, str. 253-256.

8. Levanat S. i Deanović Ž., Zbornik radova XII jug. simp. o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983, str. 193-196.

9. Jernej B., Pavelić J., Levanat S. and Deanović Ž., Proc. XI Regional Congress of IRPA Austrian-Hungarian-Yugoslavian Radiation Prot. Meeting, Vienna, 1983, str. 294-298.

10. Kukavina-Levanat S., Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1984.

11. Miljanić S. i Dvornik I., Karakterizacija fedinga dozimetara DL-M4, ovaj Simpozij.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Vekić B., Ranogajec-Komor M., Dvornik I.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb
Szabò P.P.
Centralni institut za fiziku (KFKI), Budimpešta
Anovski T., Andonovski B., Nikolovska L.
Centar za primjenu radioizotopa u nauci i industriji, Skopje
Kačurkov D.
Fakultet za fiziku, Skopje
Naumovski T., Ocevski B.
Hidrobiološki zavod, Ohrid

KOMPARATIVNA ANALIZA MINIMALNOG ODAZIVA RAZLIČITIH TL DOZIMETARA (MJERENJA U TOKU)

Sažetak Razmatra se primjena metode termoluminescentne dozimetrije za mjerenje vrlo niskih doza u okolini, posebno u okolini nuklearnih elektrana. Da bi se mjerenjima pomoću TLD dobili što pouzdaniji rezultati, u toku je, u vodi Ohridskog jezera, eksperiment čiji je konačni cilj mjerenje minimalnog odaziva nekoliko različitih TL materijala (dozimetara), uz istovremeno mjerenje doze kozmičkog zračenja, i doze zračenja samog materijala od kojeg su TLD napravljeni.

Uvod

Brojni i vrlo različiti tipovi termoluminescentnih dozimetara (materijala) proizvedeni su i predloženi, ili već i upotrebljeni, kako za mjerenje doza u ličnoj dozimetrijskoj kontroli, tako i za mjerenje nivoa prirodnog zračenja u okolini, te za određivanje eventualnog povišenja doza u okolini zbog upotrebe i/ili proizvodnje izvora ionizirajućih zračenja u toj istoj okolini. Posebnu pažnju stručnjaka, a još više javnosti, privlači posljednjih godina sve veća upotreba nuklearne energije, tj. nuklearnih elektrana. U vezi s tom upotrebom je i sve rigoroznija kontrola ispuštanja radioaktivnosti, odnosno mjerenje povećanja doza zračenja u okolini nukleranih elektrana (NE). I upravo u nuklearnim elektranama i u njihovoj okolini sve je veća i nezaobilazna primjena TL dozimetrije za mjerenje eventualnih, radom NE povišenih doza zračenja. Sa stanovišta općeprihvaćenih, na internacionalnom nivou dogovorenih

principa (princip ALARA, npr.), ovako strog pristup ima svoje puno opravdanje premda je rizik za zdravlje ovdje manji od rizika iz drugih ljudskih aktivnosti.

Međutim, ako praktički pokušamo odrediti stvarnu donju granicu detekcije doze pomoću TLD, suočit ćemo se sa brojnim, teško rješivim problemima, iako je prema literaturnim podacima moguće, pomoću nekih vrsta TLD, mjeriti i tako niske iznose doza kao npr. 10 μGy ili čak 1 μGy. Ovakvi podaci dobiveni su, međutim, isključivo prilikom rada u strogo kontroliranim laboratorijskim uvjetima (kontrolirani i pouzdani režim ozračivanja, očitavanja, fedinga i slično). Dobiti ovako točne rezultate u okolini nuklearne elektrane, zbog niza otežavajućih okolnosti, je izuzetno teško ili praktički nemoguće.

U 32 zemlje svijeta bile su 31.12.1983. u pogonu, ili u izgradnji, 533 nuklearne elektrane[1]. I bez obzira na lokaciju NE, odnosno zemlju u kojoj se upotrebljava, za sve nuklearne elektrane propisano je (nuklearnom regulativom ili nekom drugom odlukom koja tu regulativu zamjenjuje) da tokom normalnog rada ukupna doza za stanovništvo koje živi u okolini NE ne smije biti znatno povišena. Dozvoljeno povišenje doza različito je u raznim zemljama, ali je uvijek vrlo nisko (za NE Krško to je 50 μGy godišnje). I premda su svugdje u svijetu i unutar nuklearnih elektrana i u njihovoj okolini postavljeni različiti TL dozimetri za određivanje tako niskih doza služi danas isključivo račun. Ako imamo u vidu činjenicu da za skoro sve proračune ovakve vrste vrijedi tzv. konzervativni pristup (uzimaju se u proračun uvijek najnepovoljniji uvjeti),jasno je da i račun daje samo približne, a ne i stvarne podatke.

Termoluminescentni dozimetri postavljeni u okolini nuklearne elektrane, ili nekog drugog postrojenja koje upotrebljava ili proizvodi ionizirajuća zračenja, morali bi, uz prirodno zračenje od otprilike 1000 μGy godišnje izmjeriti i dodatno povećanje doze zračenja od npr. 50 μGy godišnje. Da bi to bilo moguće neophodno je poznavati stvarni minimalni odaziv različitih TL dozimetara na promjenljiva zračenja koja dolaze iz okoline, tj. iz zemlje i iz zraka (kozmičko zračenje). I intenziteti i energija zračenja u okolini značajno variraju od mjesta do mjesta, tokom godišnjih doba, a i samo "unutarnje" zračenje različitih materijala od kojih su TLD načinjeni obično nije poznato.

Tokom nekoliko posljednjih godina usvojena je u našoj zemlji proizvodnja nekoliko različitih materijala za TLD prihvatljivih za ličnu dozimetrijsku kontrolu i/ili za monitoring okoline[2,3,4]. Zbog toga smo, uz ranije određivane karakteristike istih ovih TLD[5,6,7],

pristupili mjerenju minimalnog odaziva različitih TL materijala, uz istovremeno mjerenje kozmičkog zračenja, kao i zračenja materijala od kojeg su TLD napravljeni. Sva ova mjerenja su još uvijek u toku u vodi Ohridskog jezera.

Eksperimentalni postupci

Cijeli eksperimentalni postupak zamišljen je i izvodi se na slijedeći način: čelično uže promjera 8 mm učvršćeno je na dno Ohridskog jezera na dubini od cca 250 m. Na bovu, koja drži spomenuto čelično uže na površini jezera, spojena je, na udaljenosti od cca 80 m, druga bova na koju je obješeno drugo čelično uže promjera 5 mm i dužine od 230 m (tj. 20 m iznad dna jezera). Na ovo čilično uže promjera 5 mm pričvršćeni su, na samoj površini jezera i na različitim dubinama, posebno konstruirani držači izrađeni od starog željeza. U svaki držač upakirano je nekoliko vrsta TL dozimetara. Osim na samoj površini jezera, držači s TLD postavljeni su i na slijedećim dubinama: 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 210, 220 i 225 metara.

U svakom držaču, i na svim naprijed navedenim dubinama, nalazi se najmanje po 7 slijedećih TLD: CaF_2:Mn (Institut "Jožef Stefan"), $CaSO_4$:Dy i MgB_4O_7:Dy (Institut "Boris Kidrič"), LiF:Mg,Ti (Institut za nuklearnu fiziku, Krakow), zatim $CaSO_4$ i LiF u prahu, a na dubini od 30 m postavljeni su i TLD na bazi $CaSO_4$ u zataljenoj ampuli (tzv. "bulb" dozimetri). Uz TLD na navedenim dubinama, priređeni su i kontrolni dozimetri iste vrste i postavljeni na obali, u posebno konstruirane kontejnere i/ili podzemne prostorije u kojima je poznata energija i doza kozmičkog zračenja.

Termička obrada (annealing) svih TLD načinjena je neposredno prije njihovog postavljanja u vodu Ohridskog jezera, a očitavanje doza biti će načinjeno neposredno po vađenju dozimetara iz jezera. TLD su također kalibrirani prije postavljanja, a kalibracija će biti ponovljena nakon vađenja dozimetara iz jezera i njihovog očitavanja.

Diskusija

Premda se TLD svakodnevno koriste pri mjerenjima vrlo niskih doza, naročito u okolini nuklearnih elektrana, bitne karakteristike različitih TL materijala ispitivane su najčešće u laboratorijskim uvjetima mjerenjem viših doza zračenja u energetski poznatom polju

zračenja. Komparativnom analizom različitih TLD izloženih zračenju pod istim uvjetima (laboratorijskim, ili izabranim prirodnim lokacijama) moguće je izabrati one TLD koji zadovoljavaju zahtjeve određenih specifičnih mjerenja.

Izlaganjem različitih TLD zračenju radionuklida niskih gama energija u laboratorijskim uvjetima[5], a zatim i u prostorijama u kojima se ti radionuklidi primjenjuju[6], dobiveni su podaci o odgovoru TLD na niske energije gama zračenja. Daljnjim mjerenjima pod istim uvjetima osjetljivosti, reproducibilnosti, linearnosti, fedinga, svjetlom iniciranog fedinga, osjetljivosti na svjetlo različitih tipova TLD uspoređivane su njihove prednosti ili nedostaci za mjerenje niskih doza zračenja[7]. Ova mjerenja u Ohridskom jezeru predstavljaju nastavak istraživanja karakteristika TLD za mjerenje doza u okolini, uz istovremeno mjerenje doza i energije (atenuacije) kozmičkog zračenja, kao i doze zračenja materijala od kojeg su dozimetri napravljeni.

Tokom 7 mjeseci izlaganja prirodnom zračenju u vodi Ohridskog jezera, svi TLD izloženi su i ozračivanju radionuklidima iz vode i starog željeza od kojeg su držači dozimetara načinjeni. Uz annealing TLD neposredno prije postavljanja, i uz očitavanje na licu mjesta neposredno poslije vađenja dozimetara iz vode, mjeri se i radioaktivnost držača dozimetara, te radioaktivnost vode uzete s različitih dubina Ohridskog jezera. Sva očitavanja doza, uključujući i krivulje isijavanja TL dozimetara, biti će pohranjene u memoriju mikroračunala, te će se, uz navedene korekcije i nakon statističke obrade rezultata, odrediti minimalni odaziv TL dozimetara.

Na opisani način biti će sakupljene korisne spoznaje o karakteristikama TL dozimetara i o mogućnostima njihove upotrebe za mjerenje niskih doza gama zračenja u okolini, uključujući i okolinu nuklearnih elektrana i drugih nuklearnih i nenuklearnih postrojenja.

Abstract

The application of the TL dosimetry method for environmental monitoring, especially in the nuclear power plants surrounding, is discussed. In the Ohrid lake water an experiment has been performed with the intention to measure the doses in environment with more accuracy. The aim of this experiment is also to study the minimal response of several different types of TLD materials for cosmic radiation and measurements of the intrinsic background of these TLD materials.

Literatura

1. Skjoeldebrand R.: IAEA Bulletin, 26 (1984, No. 3) 31.

2. Prokić M.: Nucl. Instr. and Methods, 175 (1980) 83.

3. Dražič G., Trontelj M.: Zbornik radova XII Jugoslavenskog simpozija zaštite od zračenja, Ohrid, 1983, str. 383.

4. Drčar F., Dražič G., Miklavžič U.: Zbornik radova XII Jugoslavenskog simpozija zaštite od zračenja, Ohrid, 1983, str. 389.

5. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Vlatković M., Dvornik I.: Radiol. Iugosl. 15 (1981) 417.

6. Ranogajec-Komor M., Vekić B., Dvornik I., Korenika Dž., Ruška A., Vlatković M., Švarcer V., Fazarinc F.: Radiol. Iugosl. 17 (1983) 65.

7. Ranogajec-Komor M., Szabò P.P., Vekić B., Dvornik I.: Proc. XI Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983, str. 183.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10.-13. juni 1985.

Ilić R.
Vojnotehnički institut, Beograd

PROSTORNA RASPODELA APSORBOVANE ENERGIJE BRZIH ELEKTRONA

Sažetak

Prema fizičko-matematičkom modelu transporta elektrona[1/] modelovana je metodom Monte Karlo apsorpcija energije u lakim materijalima. Verovatnoće prelaza elektrona iz prethodnog u naredno fazno stanje (put, ugao višestrukog rasejanja, delta-elektroni, raspodela energija primarnog i delta-elektrona) izračunate su i kao ulazne datoteke korišćene u proračunu.

Pomoću razvijenog računarskog programa VESA, na primeru aluminijumske ploče, izračunata je prostorna raspodela apsorbovane energije monoenergetskih upadnih elektrona.

1. MODEL TRANSPORTA ELEKTRONA

Na ploču lakog materijala pada okomito snop monoenergetskih elektrona. Saglasno teoriji višestrukog rasejanja[2/] ograničava se mera "grupnog" sudara tako da broj pojedinačnih sudara pada u interval izmedju 20 i 500, što osigurava valjanost primene Landau-ove raspodele[3/] za gubitak energije elektrona jonizacijom. Primenom modela "polako dole" sa promenljivim eksponentom za predpostavljeni gubitak energije [1,2/] osigurava se ispunjenje predhodne dve predpostavke i istovremeno primena ugaone raspodele višestruko rasejanih elektrona[4/]. Kao konkurentan proces gubitku energije jonizacijom razmatra se stvaranje delta-elektrona [2,5/], a raspodela energija izmedju primarnog i delta-elektrona tretira se uzimanjem u obzir granične vrednosti e_c=0,1.

Ploča, na koju padaju elektroni, podeljena je mrežom ravni paralelnih koordinatnim osama na I x J x K pravougaonih elemenata. Gubitak energije elektrona u svakom elementu prostora predstavlja apsorbovanu energiju u tom elementu, a za mnoštvo elektrona, ona je jednaka zbiru gubitaka energije svih elektrona koji su interagovali sa elementima prostora.

Kako elektron tokom transporta može da stvori više delta-elektrona, a zbog konačne verovatnoće da i delta-elektron stvara, takodje, delta-elektrone, modelom je predvidjeno da se primarni elektron prati do granice ograničenog prostora ili dok mu energija E_c ne opadne ispod neke predodredjene vrednosti (najčešće izmedju 10 i 50 keV). Tokom transporta primarnog elektrona registrovani podaci o delta-elektronima (energija, koordinate, ort vektora orijentacije) postaju ulazni podaci za transport delta-elektrona po istom modelu kao i primarnih elektrona. Na isti način prate se i delta-elektroni nastali u "katastrofalnom" sudaru delta-elektrona.

Transport svih elektrona (primarnih, delta- i "potomaka" delta-elektrona) prati se u trodimenzionalnoj geometriji, saglasno putu elektrona izmedju dva "grupna" sudara koji je odredjen iz uslova važenja teorije višestrukog rasejanja[4,1/] i usvojenoj predpostavci da se delta-elektron, kada se formira, formira na kraju tog puta.

Postavljeni model transporta prati i zakočno zračenje, ali se u ovom radu taj problem ne razmatra, zato što se, za lake materijale, zakočno zračenje može zanemariti.

2. OPIS RAČUNARSKOG PROGRAMA

Računarski program VESA prati istoriju elektrona od upada na ploču do smanjenja energije elektrona do vrednosti E_c ili do izlaska elektrona iz definisanog prostora. Prema izloženom modelu odvija se numerička simulacija transporta elektrona i shodno verovatnoćama prelaza elektrona iz prethodnog u naredno stanje, formira se matrica prostorne raspodele apsorbovane energije. Program VESA pisan je u FORTRAN-77 jeziku za računare koji imaju 32-bit digitalnu reč. On može da se koristi na svakom računaru, ali numerički generator pseudoslučajnih brojeva mora se prilagoditi datom računaru.

Računarski program VESA koristi ulazne podatke o materijalu, geometriji i spektru energija elektrona koji su smešteni u datoteci DATVE. Sve ranije spomenute verovatnoće formirane su za te ulazne podatke u logaritamskoj energetskoj skali. Pored toga, pri formiranju verovatnoća uzeta je u obzir mogućnost izbora mere "grupnog" sudara i, s tim u vezi, potreba prilagodjavanja eksponenta mogućem gubitku energije elektrona. Zahvaljujući ovakvom izboru energetske skale i pomenutog eksponenta, sve verovatnoće su formirane sa indeksiranim pristupom njihovim datotekama, što omogućava brzo odvijanje programa.

Program VESA koristi datoteke verovatnoća, a njih formiraju, prema logaritamskoj skali energija, posebni programi. U najkraćem daje se fizička osnova formiranja tih datoteka.

a) Program EPSKL formira logaritamsku skalu energija, a podprogram INDEKS odredjuje korak u skali i istovremeno omogućava da se za datu energiju elektrona u programu VESA nadje indeksirana verovatnoća.

b) U datoteci LANDAU smeštene su Q vrednosti Landau-ove raspodele u funkciji pseudoslučajnog broja i one se indeksno pozivaju[6/].

c) Ugiovi višestrukog rasejanja formirani u intervalu od 0 do 4 bezdimenzionalnog ugla prema Moilere-ovoj raspodeli, smešteni su u datoteku MOLINOV u obliku kumulativne raspodele.

d) Gubitak energije elektrona jonizaciojom formira program ODE u logaritamskoj skali energije, pri vrednostima eksponenta od 1 do 1/128, i smešta u datoteku IDEDX.

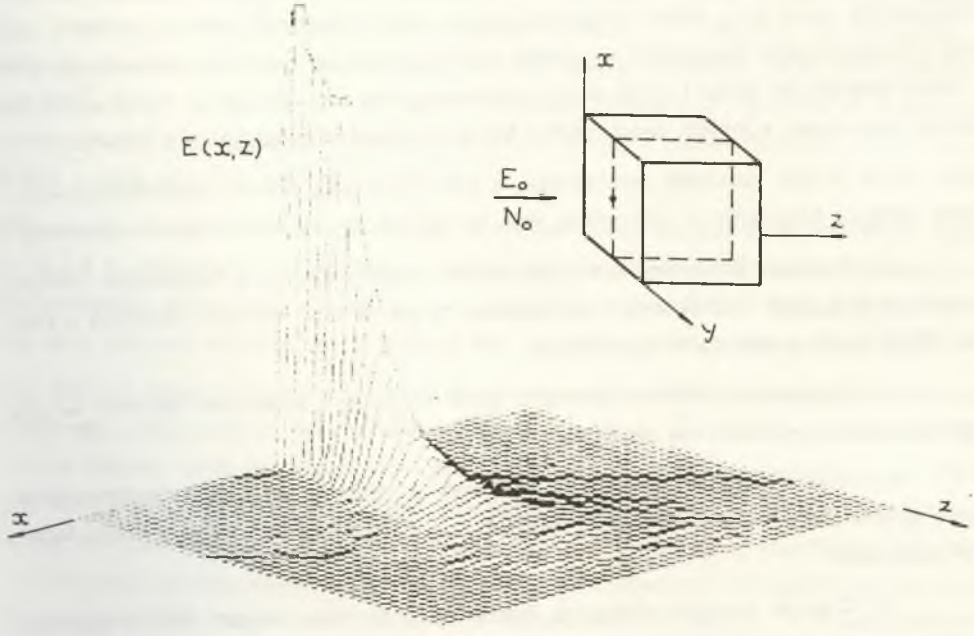
e) Verovatnoću "katastrofalnog" sudara, odnosno formiranja delta-elektrona, formira program ODE i smešta u datoteku IODNOS u logaritamskoj skali energija elektrona

i za po 8 vrednosti ad d) rečenog eksponenta. Pri formiranju verovatnoća za datoteke IODNOS i IDEDX uzeta je u obzir korekcija funkcije gubitaka energije elektrona usled gustine prema Sternheimer-u[7].

Program VESA koristi podprograme MOLIER za odabir ugla rasejanja elektrona shodno odabranoj vrednosti mere "grupnog" sudara, odnosno B parametra Moliere-ove raspodele. Podprogram BERG izračunava energije oba elektrona posle "katastrofalnog" sudara, a podprogram ORT vektore položaja impulsa elektrona nakon svakog sudara.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na primeru kocke od aluminijuma dimenzija 5 x 5 x 5 cm³ i snopa elektrona energije 20 MeV koji padaju okomito u geometrijski centar osnove kocke podeljene na 50 x 50 x x 50 elemenata izračunata je prostorna raspodela apsorbovane energije. Kako su elementi prostora diskretizovani, za grafički prikaz rezultata usvojena je interpolacija trećeg stepena. Raspodela apsorbovane energije u ravni XOZ pokazana na sl. 1. ilustruje mogućnosti modela i računarskog programa VESA za proračun apsorbovane energije u lakim materijalima u svim oblastima u kojima je potrebno poznavanje takve raspodele, a gde je inače teško, ako ne i nemoguće, njeno merenje.



Sl. 1. Prostorna raspodela apsorbovane energije brzih elektrona u aluminijumu

FAST ELECTRON SPACE DISTRIBUTION OF ABSORBED ENERGY

Abstract

According to the physical-mathematical model of electron transport, absorbed energy in light materials, by Monte Carlo method is modeled. Electron transit probabilities from successive phase states (range, angle of multiple scattering, delta electrons and energy distributions of primary and delta electron) is reckoned and used as input data in the calucilation. By means of the developed program VESA, absorbed energy space distribution of monoenergetic elekctrons is calculated bx the example of aluminium slab.

Literatura:

1. Ilić R.: Studija transporta gama kvanta i sekundardnih elektrona kroz lični dozimetar metodom Monte Karlo, Doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd 1978.

2. Berger M.J.: Methods in Computational Physics, Vol.I,p.135. Accd.Press,N.Y.1963.

3. Landau L.J.: Phys. USSR 8,201.1944.

4. Moliere G.: Z.Naturforsch 2A,133.1947.

5. Baranov V.F.: Dozimetrija elektronogo izlučenija, Moskva 1974.

6. Šmelcerović M.: Interakcija elektrona sa tankom metom, Publikacija IBK 1531, 1981.

7. Sternheimer R.M.: Phys.Rev. 88.581.1952., Phys.Rev. 91. 256.1953., Phys.Rev. 103.511.1956.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juna 1985.

Vujnić V., Tomašević M., Minevski Z.
Institut za onkologiju i radiologiju - Beograd
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu - Beograd

EVALUACIJA DOZA ZRAČENJA KOD CT SKENERA

Sažetak. Korišćeni su TLD sistem i anatomski Alderson fantom za merenje doza zračenja na CT skeneru. Nadjeno je da kod skenovanja glave (6 slojeva po 1 cm debljine) doza iznosi prosečno 12,58 ± 6 mGy. Skenovanje pluća pod istim uslovima (6 preseka) daje prosečnu dozu od 6,65 ± 3 mGy. Ove doze su veće nego kod standardne grafije glave i pluća za više od 3 puta, odnosno za više od 5 puta.

UVOD

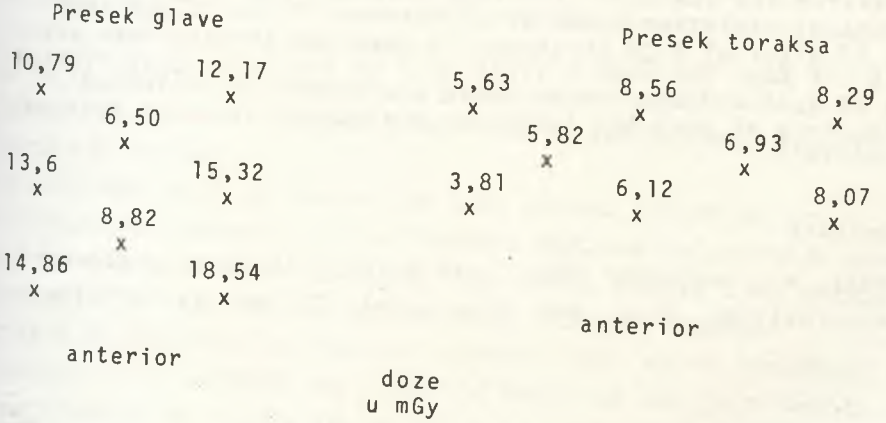
CT skener je uveden u Rö dijagnostiku na Institutu za onkologiju i radiologiju u Beogradu početkom 1983. god. To je treća generacija skenera proizvodnje General Electric, model 8800, koji radi sa 120 kV i mogućnošću odabiranja mA od 20 do 500. CT ima 523 detektora u lepezastom snopu zračenja koji obuhvata ugao od 30°. Debljine preseka se odabiraju i mogu biti 1,5, 5 i 10 mm. Rekonstrukcija preseka na TV ekranu traje 30 do 35 sekundi. Preseci odabrane debljine se redjaju jedan do drugoga, ili sa preskocima sve dok se ne ispuni zadana visina. Scout scan se vrši pre početka skenovanja i na njemu se odrede položaji preseka. Prosečan presek traje 4,7 ili 5,6 ili 11,5 sekundi. Merenje doza zračenja vršeno je i o tome postoje podatci u literaturi (1), ali kod nas ova merenja nisu vršena. Za odredjivanje kvaliteta rada nekoga CT uredjaja konstruisani su posebni fantomi, koji omogućavaju da se odrede razni parametri, od kojih je najvažniji razlaganje. Takav fantom mi nismo posedovali.

METODA MERENJA I REZULTATI

Za merenje doza zračenja koristili smo TLD sistem, koji se je sastojao od poluautomatskoga čitača firme Pitman, model 654, i pastila proizvodnje "B.Kidrič" - Vinča (Mg. B 704: Dy).

Pastile smo postavljali u anatomski fantom Alderson. Dozimetri su bili u dva sloja: u torakalnom delu fantoma u visini dojki, i u glavi fantoma u visini očiju. Vršeno je tipično skeniranje glave u šest preseka debljine 1 cm, sa 120 kV i 250 mA i scout snimkom, dozimetri su se nalazili tačno u sredini trećega sloja. Zatim je vršeno skenovanje toraksa, takodje 6 preseka sa dozimetrima u sredini trećega preseka, uslovi ekspozicije su bili 120 kV i 160 mA, preseci debljine takodje 1 cm i scout snimak pre početka skenovanja. Raspored pastila, kao i primljene doze zračenja dati su na Sl. 1.

Slika 1.



Osim toga dva dozimetra smo stavili direktno na oči i oni su pokazali: levo oko 11,51 mGy i desno oko 16,49 mGy. Srednje vrednosti doza zračenja su 12,58 ± 6 mGy kod glave i 6,65 ± 3 mGy kod toraksa. Ove vrednosti su veće nego kod tipičnog snimka baze lobanje na kraniografu (baza lobanje 80 kV, 120 mAs, 5,5 mGy) za 2,29 puta. Tipični snimak pluća (115 kV, 6 mAs,

1,5 mGy) ima 4,43 puta manju ekspoziciju, dozu zračenja, nego CT snimak sa šest preseka. Uzimajući najniže i najviše vrednosti doze zračenja kod CT snimaka, onda glava prima od 1,18 do 3,37 puta više nego kod tipičnog snimka lobanje, a pluća prime i do 5,7 puta više nego radiografija pluća. Kod CT snimanja zapaža se da su doze zračenja veće na desnoj strani, što dolazi zbog rotacije Rö cevi za ugao veći od 360°. Zbog velike zauzetosti skenera nismo bili u mogućnosti da detaljnije merimo doze zračenja pod drugim različitim uslovima rada CT.

Obzirom na ogromne prednosti koje CT skeniranje pruža u dijagnostici, ove povećane doze zračenja ne bi mogle da budu prepreka čak ni kod snimanja u više slojeva direktno kroz očno sočivo, medjutim, jasno je da i zbog cene samoga uredjaja kao i zbog većih doza skener treba koristiti uz strogo analitički pristup koristi od pregleda.

ABSTRACT.

TLD sistem and anathomic Alderson phantom were used for measurements of radiation doses at CT scanner. It was found that at 6 CT slabs of 1 cm thickness in head the average dose was 12,56 ± 6 mGy. The same 6 slabs of 1 cm for lungs gave average dose of 6,65 ± 3 mGy. These doses are biger than standard radiography of head and lungs for over3times and over 5 times respectfuly.

Literatura

1. Huda, W., September 1984. Radiation risk associated with CT examinations. Phys. Med. Biol., Vol. 29, No. 9, 1137-1142.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

IZMENE U STRUKTURI DIJAGNOSTIČKIH RENDGEN APARATA KOJI SU SE KORISTILI NA TERITORIJI BEOGRADA U PERIODU OD 1973 DO 1983 GODINE

REZIME Na teritoriji Beograda 1973 godine koristila su se 249 dijagnostička rendgen aparata, a krajem 1983. 225 aparata. Broj aparata se u posmatranom periodu nije bitno izmenio ali je došlo do značajne izmene u njihovom kvalitetu. Skoro svi polutalasni rendgen aparati su zamanjeni dvopulsnim ili višepulsnim generatorima X zračenja, a u rad su puštena i tri CT uradjaja.

U toku poslednjih deset godina došlo je do značajne promene u strukturi dijagnostičkih rendgen aparata koji se koriste na teritoriji Beograda.

Na području grada 1973 godine koristilo se 249 dijagnostičkih rendgen aparata. Aparati su bili raznih proizvodjača, različitih tipova, godine proizvodnje i tehničke ispravnosti. U upotrebi je bilo najviše generatora X zračenja u monopulsnom spoju (polutalasni aparati) domaće proizvodnje tipa Morava, Neretva, Moravica i sličnih.

Iz podataka koji se odnose na 1983 godinu uočava se da je došlo do neznatne promene u broju rendgen aparata na području grada, ali do bitne promene njihovog kvaliteta. Krajem 1983 godine u upotrebi je bilo 225 dijagnostičkih rendgen aparata.

Prikaz dijagnostičkih rendgen aparata koji su se koristili u periodu 1973. - 1983. na području Beograda dat je u tabeli br.1. Iz podataka se uočava da je došlo do neznatne izmene ukupnog broja rendgen aparata ali do bitne promene njihovog kvaliteta.

Tabela br. 1 Dijagnostički rendgen aparati koji su se koristili na području Beograda od 1973 do 1983 godine

RENDGEN APARAT	1973.	1983.
Superix 800 - Superix 1000	5	30
Selenos 4	51	55
Fluorografi u autobusima	17	6
Morava	31	8
Moravica	6	-
Neretva	3	-
Hipos	6	4
Mobilix 4	3	10
Ostali domaće proizvodnje	4	-
Dent	35	37
Zubni ostali	31	22
Aparati Simens	30	18
Aparati Philips	19	15
Ostali strane proizvodnje	6	16
Aparati za snimanje dojki	2	4
	249	225

U 1973 godini koristilo se 40 rendgen aparata sa generatorima X zračenja u monopulsnom spoju, a samo 5 u višepulsnom spoju. Prema podacima iz 1983 godine broj monopulsnih generatora X zračenja je smanjen na samo 8, a broj višepulsnih generatora povećan je na 30. Broj stomatoloških rendgen aparata nije se bitno izmenio. U 1973 godini korišćeno je 35 rendgen aparata domaće proizvodnje tipa Dent i 31 rendgen aparat stranih proizvodjača. Krajem 1983 godine koristilo se 37 rendgen aparata tipa Dent i 22 rendgen aparata strane proizvodnje. Sem ovih rendgen aparata koji se isključivo koriste za retroalveolorna snimanja zuba u posmatranom periodu puštena su u rad 3

aparata za snimanje celog statusa vilice tipa Panoramix odnosno Ortopantomograph.
Značajna razlika se uočava i kod rendgen aparata koji se koriste za sistematska snimanja pluća. Broj ovih aparata je smanjen ali su u rad uključeni znatno bolji i aparati i autobusi u kojima su aparati postavljeni.
Na teritoriji Beograda puštena su u rad i tri uredjaja za kompjuterizovanu tomografiju CT.

Zaključak

Navedeni podaci ukazuju da se broj rendgen aparata koji se koriste u dijagnostične svrhe na teritoriji grada Beograda neznatno smanjuje poslednjih godina. Istovremeno se u rad uključuju aparati boljih karakteristika i veće radiološke sigurnosti.
U narednom periodu od nekoliko godina treba učiniti napore da se iz dalje upotrebe potpuno povuku svi rendgen aparati čiji su generatori u monopulsnom spoju što bi doprinelo smanjenju ozračenosti pacijenata a samim tim i populacije na ovom terenu.

Summary

STRUCTURE CHANGES AMONG DIAGNOSTIC X RAY APPARATUS USED DURING THE PERID FROM 1973 TO 1983 ON THE TERITORY OF BELGRADE

During 1973. 249 diagnostic X ray apparatus were used on the teritory of Belgrade, and at the end of 1983. 225 apparatus. The number of apparatus has not essentially changed but there are significant quality changes in them.
Half-wave X ray apparatus are replaced with two or multipulses generators of X radiation, and three CT devices have been put into circulation.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

KONTROLA OZRAČENOSTI RADNIKA KOJI RADE U LABORATORIJAMA ZA PRIMENU RADIONUKLIDA U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI TL DOZIMETRIMA

REZIME Od 1984 godine ozračenost radnika koji rade u zoni jonizujućeg zračenja odredjuje se film dozimetrima i TL dozimetrima. Rezultati do kojih smo došli ukazuju da su visokim dozama zračenja izloženi radnici koji vrše pripremu i aplikaciju radiofarmaceutika. Vrednosti odredjene TL dozimetrima veće su od onih koje su bile registrovane film dozimetrima.

Sira primena radionuklida u medicinskoj dijagnostici u nas započeta je sa radionuklidom ^{131}J koji se koristi za funkcionalna i morfološka ispitivanja štitaste žlezde. Danas se radionuklidi " in vivo " koriste u 15 laboratorija na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP, a " in vitro " u još većem broju laboratorija.

Odkriće ^{99m}Tc i njegovo uvodjenje u dijagnostička ispitivanja skoro svih organa uticalo je na povećanje aktivnosti radiofarmaceutika sa kojima radnici dolaze u kontakt.

Razvoj prateće opreme i instrumentacije omogućio je da se poveća broj aplikacija radiofarmaceutika u dijagnostici i terapiji što je pored neosporne koristi doprinelo i povećanom ozračivanju ne samo pacijenata već i populacije u celini.

Ovakva primena radionuklida imala je odraza i na povećano ozračivanje radnika koji rade na pripremi i aplikaciji radiofarmaceutika u medicinskoj dijagnostici i terapiji.

Zračenju su izloženi radnici koji pripremaju i vrše aplikacije radiofarmaceutika ali posebno oni koji rukuju sa generatorima iz kojih se dobija radionuklid ^{99m}Tc.
O ozračenosti ovih radnika do sada je već izveštavano ali samo na osnovi rezultata koji su bili dobijeni redovnom dozimetrijskom kontrolom njihovih radnih mesta.
Tom prilikom nisu bili uzimani u obzir podaci lične dozimetrije koja se do 1984 godine sprovodila isključivo film dozimetrima, a od tada znatno pogodnijim TL dozimetrima.
U toku ovog vrlo kratkog perioda od samo jedne godine stekla su se dragocena iskustva a uočena je i značajna razlika izmedju vrednosti koje su bile registrovane film dozimetrima i sadašnjih vrednosti TL dozimetrije.
U tabeli br.1. prikazane su vrednosti doza zračenja kojima se ozračuju radnici u laboratorijama za primenu radionuklida u medicinskoj dijagnostici. U prvoj koloni iznete su vrednosti koje su procenjene na osnovi dozimetrijskih merenja i predpostavke da radnik u toku dana izvrši oko 10 aplikacija aktivnosti radiofarmaceutika, u drugoj su prikazani podaci lične dozimetrije dobijeni film dozimetrima i u trećoj sadašnje vrednosti koje se odredjuju TL dozimetrima.
U tabeli br.2. izneti su isti podaci ali za ostale radnike laboratorije za primenu radionukleida u medicini koji ne dolaze u kontakt sa generatorima za dobijanje radionuklida ^{99m}Tc niti vrše aplikacije aktivnosti ovog radionuklida.

Tabela br. 1 Prosečna mesečna ozračenost radnika koji vrše pripremu i aplikaciju aktivnosti sa radionuklidom ^{99m}Tc. Vrednosti su izražene u mGy.

ORGAN	PROCENA	FILM D.	TLD
GRUDI	2	< 0,50	2,15
RUKE	15	-	-

Tabela br. 2 Prosečna mesečna ozračenost radnika koji ne dolaze u kontakt sa radionuklidom ^{99m}Tc. Vrednosti su date u mGy.

ORGAN	PROCENA	FILM D.	TLD
GRUDI	0,1-0,2	< 0,05	0,10
RUKE	0,1	-	-

Posmatranja su bila sprovedena u jednoj laboratoriji za primenu radionuklida u medicinskoj dijagnostici i terapiji u kojoj se svake nedelje iskoristi generator za dobijanje ^{99m}Tc radionuklida od 18,5 GBq.
U tabeli su iznete prosečne mesečne vrednosti doza zračenja kojima se ozračuju radnici ali treba imati u vidu da pojedini radnici koji više rade na " muži " generatora i aplikacijama aktivnosti radionuklida ^{99m}Tc bivaju ozračeni i većim dozama zračenja. Jedan od radnika u laboratoriji u kojoj smo vršili ispitivanja u toku jedne godine dva puta je bio ozračen dozom od oko 20 mGy, a ostalih meseci dozama koje nisu bile manje od 2 mGy.

Zaključak

Radnici laboratorija za primenu radionuklida u medicinskoj dijagnostici i terapiji izloženi su visokim dozama zračenja koje zavise od broja izvršenih aplikacija ali takodje i od radionuklida sa kojim se rukuje.
Rezultati dozimetrijskih kontrola kao i rezultati lične dozimetrije koja se od 1984 godine u ovim laboratorijama isključivo sprovodi TL dozimetrima ukazuju da su posebno ugrožena ona radna mesta na kojima radnik dolazi u kontakt sa generatorima iz kojih se dobija ^{99m}Tc kao i oni radnici koji vrše aplikaciju ovog radionuklida.

Kako su vrednosti stalno povećane za radnike na ovim mestima i značajno prelaze dopuštene vrednosti moramo zaključiti da zaštita ovih radnika nije dovoljna. Mere zaštite koje su uglavnom bile preduzimane ranije kada se radionuklid ^{99m}Tc nije koristio više ne odgovaraju. Potrebno je da se izvrši revizija svih projekata laboratorija u kojima se vrši primena radionuklida ^{99m}Tc u medicinskoj dijagnostici i zabrani korišćenje ovog radionuklida pod ovakvim uslovima kada očigledno preti opasnost ugrožavanja zdravlja mnogim radnicima. Kontrola ozračenosti radnika u ovakvim laboratorijama treba izvoditi TL dozimetrima jer su se pokazali kao osetljiviji i sigurniji od film dozimetara.

Summary

CONTROL OF WORKERS IRRADIATION WORKING IN LABORATORIES FOR APPLICATION RADIONUCLIDS IN DIAGNOSTIC MEDICINE BY TL DOSIMETERS

From 1984 irradiation of workers employed in the radiation zone of ionization is determinatin by film dosimeters and TL dosimeters. We came to the results which shaw that only those workers which are performing preperation and application of radiopharmacetics are exposed to high doses of radiation. Values determinated by TL dosimeters are higher than those determinated by film dosimeters.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

RENDGEN APARATI KOJI SE KORISTE ZA SISTEMATSKA SNIMANJA PLUĆA

REZIME Sistematska snimanja pluća obavljaju se rendgen aparatima, koji su ugradjeni u pokretnim laboratorijama - autobusima.

Na teritoriji SR Srbije koristi se 17 generatora X zračenja, raznih proizvodjača, različitih tipova i godina proizvodnje. U upotrebi su još uvek i monopulsni generatori X zračenja, koji su često puta mehanički dotrajali.

U cilju zaštite osoblja i pacijenata korišćenje takvih uredjaja treba zabraniti.

Sistematska snimanja pluća stanovništva obavljaju se rendgen aparatima koji su ugradjeni u pokretnim laboratorijama - autobusima. Na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP sistematska snimanja pluća sprovodi 17 ekipa, od čega 4 na teritoriji Beograda.

U Tabeli br. 1 prikazani su rendgen aparati, koji se koriste za sistematsko snimanje pluća stanovništva na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP, a u Tabeli br. 2 rendgen aparati koji se koriste na teritoriji Beograda.

Tabela br. 1 Rendgen aparati koji se koriste na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP

PROIZVODJAČ	TIP APARATA	BROJ
Philips	Practix	3
EI Niš	Radiograf	6
TuR	nepoznat	1
EI Niš	Selenos 4	7
U k u p n o :		17

Tabela br. 2 Rendgen aparati koji se koriste na teritoriji Beograda

PROIZVODJAČ	TIP APARATA	BROJ
EI Niš	Selenos 4	4

Na području Beograda sistematska snimanja pluća /fluorografija/ sprovodi se organizovano od 1960. godine. U toku 1984. godine snimanja su obavljale 4 ekipe, a korišćeni su generatori X zračenja domaće proizvodnje Selenos 4 u spoju sa kamerom Odelca 100. Uporedo sa ovim ekipama, koje su radile na terenu, "ciljana radiografija" odredjenih grupa stanovništva sprovodila se stacionarnim rendgen aparatima u četiri zdravstvene radne organizacije. U tu svrhu korišćeni su generatori X zračenja, Selenos 4 u spoju sa kamerom Odelca 100 x 100 mm, odn. 70 x 70 mm.

Iz Tabele br. 1 jasno se vidi da je opremljenost radnih organizacija, koje sprovode sistematska snimanja pluća, nezadovoljavajuća, jer od 17 generatora X zračenja, koji se koriste na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP, samo su 7 novi generatori u dvopulsnom spoju. Ostali su vrlo stari, zastareli modeli domaćeg i stranih proizvodjača, koji su često van upotrebe zbog tehničke neispravnosti.

Doze zračenja, kojima se ozračuju pacijenti pri radu sa njima, po pravilu su znatno veće od vrednosti koje se sreću kod dvopulsnih generatora tipa Selenos 4.

Dnevni prosek snimanja na terenu sa ovim aparatima je visok i kreće se izmedju 4oo i 6oo snimaka. Ovako veliki broj snimanja koja obavi rendgentehničar u toku dana /u ekipi je najčešće samo jedan rendgentehničar/ dopronosi da je i ozračenost ovih radnika veća, nego onih koji rade sa stacionarnim aparatima. Na ozračivanje osoblja ne utiče samo veliki broj snimanja, već i neprikladni uslovi pod kojima se snimanje izvodi, kao i tehnička ispravnost uredjaja, koja je naročito kod starijih apara-

ta nezadovoljavajuća.
Dozimetrijska kontrola ovih uredjaja nije redovna, jer se ekipe kreću po terenu, često menjaju lokacije, tako da je sa njima teže uspostaviti kontakt. Najbolja saradnja na ovom polju ostvaruje se sa zdravstvenom radnom organizacijom, zaduženom za područje Beograda, što se odražava na bezbednost osoblja i pacijenata.

Kod ovih aparata naknadno su ugradjene dubinske blende, čime smo doprineli da se ozračivanje osoblja i pacijenata u velikoj meri umanji.

Zaključak

Za sistematska snimanja pluća - fluorografiju - na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP koristi se 17 generatora X zračenja, od kojih 4 na području Beograda.

U velikom broju slučajeva još uvek se koriste zastareli modeli generatora X zračenja u monopulsnom spoju, čija bi se primena morala zabraniti po hitnom postupku. Ovo iz razloga što kod njih nije obezbedjena zadovoljavajuća zaštita od prekomernog ozračivanja kako osoblja, tako i stanovništva.

Zakonskim propisima predvidjeno je da se dozimetrijska kontrola izvora X zračenja obavlja jedanput godišnje. Medjutim, smatramo dozimetrijska kontrola rendgen aparata koji se koriste za sistematska snimanja pluća morala da se obavlja češće, i to obavezno pre početka rada na terenu, a za vreme rada svaka tri meseca.

Summary

X-RAY APPARATUS WHICH ARE IN USE FOR SYSTEMATIC X-RAY OF LUNGS

Systematic X-ray of lungs is performed with X-ray apparatus build in mobile laboratories-buses.
On the teritory of SR Serbia 17 X-ray generators of different manufactures, types and year of manufacture are in use. Monopulse X-ray generators are still in use although they have been many times mechanically disrepaired. In the aim of protection medical staff and patients the use of these apparatus must be forbidden.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. jun 1985.g.

Golubović N., Ristić D., Drašković R.
Institut za nuklearnenauke "Boris Kidrič" Vinča

ANALIZA TRAGOVA MIKROELEMENATA NAKON ISPALJENJA IZ VATRENOG ORUŽJA NEUTRONSKOM AKTIVACIONOM ANALIZOM

Neutronskom aktivacionom nalizom praćena je distribucija tragova mik roelemenata nakon ispaljivanja iz pištolja, odredjivanjem koncentra cija antimona duž putanje zrna i u dimnom prstenu na meti u zavisno sti od rastojanja. Dobijeni rezultati ukazuju na funkcionalnu zavis nost izmedju koncentracije tragova antimona duž putanje i na meti od rastojanja sa koga je izvršeno ispaljivanje. Koncentracija trago va mikroelemenata duž putanje zrna srazmerna je broju ispaljenih hi taca. Na osnovu dobijenih podataka, neutronsko aktivacionom analizom tragova elemenata moguće je proceniti rastojanje, pravac i vrstu oru žja iz kojeg je izvršeno ispaljivanje.

Uvod

Prilikom opaljenja metka iz vatrenog oružja na ustima cevi se pojav ljuje oblak gasova. On sadrži tragove elemenata koji se nalaze u sas tavu inicijalnog punjenja, barutnog punjenja, čaure i zrna. Ispitiva nja su pokazala da se produkti sagorevanja distribuiraju izmedju usta cevi oružjai mete (1). Najveći deo se distribuira duž pravca koji se dobija normalnom projekcijom putanje zrna na horizontalnu ravan. Duž ovog pravca mogu se naći relativno povećane količine sadržaja antimo na, barijuma i drugih elemenata. Apsolutne količine ovih elemenata su veoma male (reda veličine ppm) i mogu se pouzdano odrediti neutronskom aktivacionom analizom (NAA).

Neutronska aktivaciona analiza je nuklerano analitička metoda koja spa da u red najosetljivijih metoda koje se danas koriste. Pored visoke o setljivosti (koja se kreće do 10^{-12}) ova metoda se odlikuje velikom ta čnošću i selektivnošću. Takodje jedna od bitnih karakteristika ove me tode je nedestruktivnost analize, odnosno mogućnost tretmana uzoraka bez prethodnog razaranja ili hemijske obrade, čime se izbegavaju greš ke i kontaminacija uzoraka, koji u isto vreme mogu poslužiti kao dokaz ni materijal prilikom veštačenja. Metoda je relativno skupa i zahteva posedovanje neutronskog izvora za ozračenje uzoraka i opremu za spekt

rometriju nuklearnog zračenja. Zahvaljujući ovim osobinama neutrons ka aktivaciona analiza je našla široku primenu u državnoj i javnoj bezbednosti mnogih zemalja u svetu (2). Ona se veoma uspešno koristi u kriminalistici, toksikologiji, balistici, numizmatici, narkomaniji i dr.(3). U savremenoj kriminalistici ova metoda zauzima značajno me sto u svetu (4,5). U kriminalističkim istraživanjima oružja i munici je smatra se vodećom analitičkom metodom .

Princip NAA zasniva se na osobini stabilnih jezgara da pod "uticajem" termalnih neutrona prelaze u više energetsko ali nestabilno stanje. Pri vraćanju u normalno stanje dolazi do emisije radioaktivnog zrače nja karakteristične energije. Merenjem vremena poluraspada ($t_{1/2}$), e nergije (E) i intenziteta emitovanog gama zračenja (I), moguće je k valitativno i kvantitativno odrediti prisutne radioizotope u ozračenom uzorku, a na osnovu njih i odgovarajuće elemente (7).

Eksperimentalni deo

U cilju odredjivanja distribucije antimona duž putanje metka postavlje ni su filter papir tipa "Filtrex" N^{O} 399, Ø 18,5cm na horizontalnu ra van (pod) normalnu na pravac putanje metka na rastojanjima od po 30sm. Ispitivanja su vršena iz pištolja TT kalibra 7,62 mm br. AA47 g. 1509, municijom proizvodnje PPU 8208/MBL 8067. Distribucija je praćena na rastojanju do 14 metara. Nakon ispaljivanja prvog hica prikupljen je svaki treći papir počev od 90sm pa nadalje, zatim su izvršena još dva ispaljenja i prikupljen svaki drugi filter papir počev od 60 sm, a na kraju izvršena su još tri ispaljivanja i prikupljeni preostali filter papiri počev od 30 sm pa nadalje. Na ovaj način prikupljeni su tragovi mikroelemenata na filter papirima nakon jednog, tri i šest ispaljenih metaka.

Tragovi antimona na meti ispitivani su na taj način što je izvršeno is paljivanje u drvenu metu obloženu tekstilom. Početna daljina ispaljiva nja iznosila je 14 m, a svako naredno ispaljivanje je izvršeno sa dalji ne umanjene za po jedan metar. Nakon toga skidani su uzorci oko rupe, nastale prelaskom zrna, prečnika 2 sm.

Uzorcu su označavani u reaktoru RA u Institutu "Boris Kidrič"-Vinča, u trajanju od jednog dana u termalnom neutronskom fluksu od $1x10^{17} n/m^2 s$. Nakon toga oni su "hladjeni" sedam dana, dekontaminirani, a zatim su vršena spektrometrijska merenja najintenzivnijih gama linija izotopa antimona -124 na multikanalnom analizatoru 4096 SEIN sa GE/Li/ detek

torom ORTEC u trajanju od 200s. U cilju korekcije na osnovnu aktiv nost vršeno je ozračivanje i referentnih uzoraka filter papira i tekstilne tkanine.

Rezultati i diskusija

Vrednosti dobijene merenjem koncentracije istaloženog antimona na podu izražene u mikrogramima po jedninici površine uzoraka na raz ličitim rastojanjima nakon ispaljenja 1, 3 i 6 hitaca prikazane su tabeli 1. Koncentracije tragova antimona u dimnom prstenu na meti u okolini tačke proboja zrna izražena u gramima po gramu uzorka, prikazane su u tabeli 2.

Analiza tragova antimona istaloženih duž putanje metka i tragova antimona na meti u zavisnosti od rastojanja ukazuje na jednoznačnu funkcionalnu zavisnost koja može poslužiti za odredjivanje rastoja nja sa koga je izvršeno opaljivanje. Koncentracije tragova antimona na meti su približno veće za faktor 100 u odnosu na koncentracije antimona istaloženog na podu za ista rastojanja, što je realno oče- kivati, jer znatno veće količine antimona okludovanog na zrnu, ko je nisu otpale tokom leta kroz vazduh ostaju na tekstilu prilikom prolaska zrna kroz metu. Osim toga, zrno prilikom kretanja kroz vaz duh povlači za sobom oblak dima iz kojeg se deo antimona taloži na podu a deo na meti. Promene koncentracija tragova antimona na meti znatnije su izražene na realtivno bližim rastojanjima zbog povećanog uticaja sagorelih gasova.

Na osnovu podataka dobijenih merenjem koncentracija antimona duž pu tanje zrna i na meti moguće je proceniti rastojanje sa koga je izvrše no ispaljivanje iz pištolja. Rastojanje se odredjuje putem kalibraci one krive dobijene na osnovu poznatih standardnih velicina, kao što je vrsta municije i oružja iz koga je izvršeno ispaljivanje.

Zaključak

Neutronska aktivaciona analiza je veoma osetljiva analitička metoda koja se može pouzdano koristiti za praćenje distribucije tragova ele menata nakon ispaljivanja iz vatrenog oružja. Njome je moguće odredji vati koncentracije antimona u uzorcima prikupljenim na podu u pravcu leta zrna i sa mete. Ispitivanja pokazuju da postoji funkcionalna za visnost izmedju koncentracije antimona i rastojanja sa koga je izvrše

Tabela 1.

Koncentracija antimona na podu u pravcu putanje zrna u zavisnosti od rastojanja nakon jednog, dva i šest ispaljenih hitaca.

1 HITAC		3 HITCA		6 HITACA	
Rastojanje (m)	Koncentr. $x10^{-11}$ g/m²	Rastojanje (m)	Koncentrac. $x10^{-11}$ cg/ m²	Rastojanje (m)	Koncentrac $x10^{-11}$ cg/ m²
0	0,5	0,3	4,2	0,6	11,0
0,9	1,5	1,2	5,5	1,5	6,1
1,8	1,6	2,1	2,4	2,4	0,1
2,7	1,2	3,0	2,9	3,3	2,6
3,6	4,4	3,9	1,7	4,2	2,6
4,5	1,0	4,8	1,8	5,1	2,9
5,4	0,9	5,7	1,8	6,0	2,0
6,3	0,6	6,6	1,3	6,9	1,4
6,7	0,5	7,5	0,7	7,8	1,7
8,1	0,3	8,4	0,5	8,7	1,0
9,0	0,4	9,3	0,9	9,6	0,8
9,9	0,5	10,2	1,0	10,5	1,2
10,8	0,3	11,1	0,4	11,4	0,8
11,7	0,2	12,0	1,3	12,3	1,6
12,6	0,5	12,9	2,4	13,2	3,5
13,5	1,8	-	-	-	-

Tabela 2.

Koncentracije tragova antimona na meti u zavisnosti od rastojanja sa koga je izvršeno opaljivanje iz pištolja u metu.

Rastojanje od mete (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Koncentracija Sbx10^{-9}/ g/g	2,2	0,8	2,8	0,8	1,8	0,6	0,6	0,4	0,8	1,5	1,7	0,4	1,1	0,5

no ispaljivanje odnosno broja ispaljenih hitaca.
Distribucija tragova konstituenata punjenja municije prilikom is paljivanja iz oružja ukazuje da su dobijeni rezultati reproducibilni. Sadržaj pojedinih elemenata posebno antimona nosi u sebi jednoznačnu karakteristiku dokaza koji se može identifikovati na mestu dogadjaja i na taj način pružiti, u odsustvu drugih podataka (svedoka, oružja, municije i sl.), mogućnost za veoma efikasno razrešavanje često slo ženih dogadjaja u kriminalističkim istraživanjima.

Abstract

Using Neutron activation analysis it was possible to follow the dis tribution of trace microelements after a gun had been fired. Concen tration of antimony was determinated along the path of a bullet and around the bullet hole (dark ring) in clothing at the various distan ces. The results pointed out an interdepence of contrentation of tra ce antimony, along the path of the bullet and at a target, with range. By means of neutron activation analysis it is possible to estimate the distance, direction and type of arms after a gun had been fired.

Literatura

1. Pillay K.K. Driscoll D.C Jester, W-A, Distribucion patterns of discharge residues as revealed by neutron activation analysis, Jou rnal of Radioanalistical Chemistry, Vol. 27, 1975,p-421-438.

2. Gage S.J., Whitworth J.B. Nuclar analysis applications in coo pera tive Texas forensic investigation program., Journal of Radionan aliti cal Chemistry, Vol. 15, p.377-354.

3. Vaganov P.A., Luknicky, V.A. Nejtroni i kriminalistika, Izdelstvo Leningradskogo univerziteta, Leningrad, 1981 g.

4. Vincent P.G., Applacitions of Nuclear Science in Crime Investigation, Review at 4139 EL Camino Way, Palo Alto, Californija 94306 USA, Copy-right, 1974 g.

5. Maehly A., Stromberg L., Chemical Criminalistiks, Springer-Verlang Berlin Heidelberg New York, 1981.

6. Schmitc , Erfahrungen mit der Methode der Autoradijografie zur Be stimmung der Schussentfernung, Kriminalistik 27, 207, 1973.

7. Đrašković R., Radioaktivaciona analiza, Hemijski pregled XIV, 135, 1973.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Minevski Z.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

OZRAČENOST OSOBLJA PRI ERCP /ENDOSKOPSKA RETROGRADNA CHOLEOANGIO PANCREATOGRAFIJA/

REZIME Ozračenost osoblja pri sprovodjenju ERCP odredili smo TL dozimetrima.
I pored primene ličnih zaštitnih sredstava pri sprovodjenju dijagnostičke procedure glava lekara je ozračena dozom do 0,46 mGy, tireoideja do 0,43 mGy, gonade do 0,01 mGy i ruke do 0,42 mGy.
Ozračenost asistenta je znatno manja. Glava asistenta je ozračena dozom zračenja do 0,30 mGy, tireoideja do 0,03 mGy, gonade do 0,01 mGy i ruke do 0,02 mGy po proceduri.

Za vreme obavljanja rendgendijagnostičkih procedura zračenju su izloženi lekari radiolozi, lekari pneumoftiziolozi, rendgentehničari i drugo pomoćno osoblje.
Pojedine dijagnostičke procedure obavljaju i lekari drugih specijalnosti, čiji se rad u zoni zračenja tretira kao povremeni. Medjutim, i pored toga što se ovi radnici samo povremeno izlažu zračenju, njihovo ozračivanje u izvesnim slučajevima može biti i znatno veće od dopuštenih vrednosti koje su propisane za lica koja stalno rade u zoni jonizujućeg zračenja.

Rezultati ispitivanja o kojima je ovde reč odnose se na kontrolu radnog mesta lekara gastroentereologa koji povremeno, ali u toku cele godine, sprovodi jednu dosta retku dijagnostičku proceduru.

Endoskopska retrogradna choleoangio pancreatografija obavlja se za sada samo u jednoj zdravstvenoj radnoj organizaciji.
Odredjivanje doza zračenja kojima se izlažu lekar gastroentereolog i medicinski tehničar za vreme ERCP izvršeno je instrumentima Roentgen-Gamma-Dosimeter VA-J-15A, Babyline 31 i termoluminescentnim dozimetrima.

Praćen je rad ekipe u toku jednog radnog dana, kada su na programu bila dva pacijenta. Ispitivanje prvog pacijenta trajalo je izuzetno kratko, samo 1 minut i 11 sekundi, a drugog 5 minuta i 37 sekundi. Medjutim, mora se napomenuti da vreme intervencije zavisi od mnogih nepredvidivih faktora, tako da vreme izlaganja zračenju može biti mnogo duže.

Rad se odvija pod uslovima stalnog prosvetljavanja, uz primenu visokog naponaod 90 kV i struje prosvetljavanja od 2,5 mA i uz povremeno snimanje sa srednjim vrednostimaod 85 kV, 250 mAs i vremenom snimanja od 0,5 sec. Doze zračenja su odredjene termoluminescentnim dozimetrima P - LiF-7-30-0,4 /D.A. Pitman Ltd./, koji su bili postavljeni za čelu lekara i asistenta, na grudima u visini sternuma, ispod kecelje lekara i tehničara i u rukavicama lekara i tehničara.

Posle završenih procedura dozimetri su bili očitani na uredjaju ToLeDo, model 654, firme Pitman.
Srednje doze zračenja odredjene iz ovih merenja kojima se ozračuju lekar i asistent pri obavljanju jedne procedure ERCP prikazane su u Tabeli br. 1.

Tabela br. 1 Srednje doze zračenja po proceduri kojima se ozračuju lekar gastroentereolog i medicinski tehničar, izražene u mGy

ORGAN	LEKAR	TEHNIČAR
glava	0,46	0,30
tireoideja	0,43	0,03
sternum/kecelja/	0,02	0,01
leva ruka	0,42	0,02
desna ruka	0,03	0,02
gonade/kecelja/	0,01	0,01

Zaključak

Rezultati dozimetrijske kontrole koja je izvršena na mestima lekara gastroentereologa i medicinskog tehničara, koji se izlažu zračenju za vreme sprovodjenja ERCP, ukazuju da se ovi radnici ozračuju dozama zračenja koje su veće od onih vrednosti koje se registruju za pojedine lekare radiologe, lekare pneumoftiziologe ili rendgen tehničare, koji svakodnevno koriste izvore jonizujućih zračenja u svom radu.

Doze zračenja kojima se izlažu lekar i medicinski tehničar prvenstveno zavise od trajanja procedure, koje se ne može predvideti, jer svaki pojedinačni slučaj postavlja pred lekara drugačije, specifične zahteve.

Iz tog razloga ove radnike treba tretirati kao i sve druge koji svakodnevno rade u zoni jonizujućeg zračenja. Pod time se podrazumeva da ovi radnici moraju da koriste zaštitna sredstva i lične dozimetre, da podležu redovonoj medicinskoj kontroli, ali takodje i to da im se mora obezbediti produženi godišnji odmor i skraćeno dnevno radno vreme.

Zaštita ovih radnika u uslovima pod kojima sada rade nije zadovoljavajuća. Smatramo da se na rendgen aparatima koji se koriste za izvodjenje ERCP i sličnih procedura moraju ugraditi dodatni tubusi, koji bi dopirali skoro do tela pacijenta u slučaju da se rendgenska cev nalazi iznad pacijenta, odnosno da se postave dodatni zaštitni zastori u onim slučajevima kada se rendgenska cev nalazi ispod pacijenta.

Time bi se u znatnoj meri izbeglo nepotrebno ozračivanje lekara gastroentereologa i medicinskog tehničara za vreme sprovodjenja endoskopske retrogradne choleoangio pancreatografije.

Summary

STAFF IRRADIATION DURING ERCP /ENDOSCOPIC RETROGRADE CHOLANGIO PANCREATOGRAPHIC/

Staff irradiation during ERCP was determinated by TL dosimeters. Besides using personal means of protection, irradiation dose for phisicians during diagnostic procedure was up to:0,46 mGy for head, 0,43 mGy for thyroid, 0,01 mGy for gonades and 0,42mGy for hands.

Irradiation of assistents is quite lower. Irradiation dose for assistants per procedure was up to: 0,30 mGy for head, 0,03 mGy for thyroid, 0,01 mGy for gonades and 0,02 mGy for hands.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Ristić B.[x], Minevski Z.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd
x/ Centar za onkološku zaštitu Kladovo

ODREDJIVANJE OZRAČENOSTI DOJKI MERENJEM "IN VIVO" TERMOLUMINESCENTNIM DOZIMETRIMA

REZIME Merenje ozračenosti dojki pri sprovodjenju mamografije izvršili smo TL dozimetrima. Rezultati uporednih merenja koja smo izvršili sa fantomom dojke i "in vivo" na pacijentima ukazuju da postoji vrlo dobro slaganje izmedju ovih vrednosti. Medjutim, merenja "in vivo" treba izbegavati, jer dozimetri ostavljaju senku na filmu. Ovakav postupak može se opravdati samo izuzetno i slučaju da se sprovodi pod nadzorom lekara radiologa.

Odredjivanje doza zračenja kojima se ozračuju pacijenti pri sprovodjenju pojedinih dijagnostičkih procedura može se obaviti direktnim merenjem u prisustvu pacijenta ili uz primenu odgovarajućih fantoma. Obe metode imaju svojih dobrih i loših strana. Merenje na pacijentima za vreme odvijanja same procedure ima velikih prednosti posebno u onim slučajevima kada se dužina snimanja odredjuje automatski i uslovljena je gradjom pacijenta. U takvim uslovima fantom ne može da obezbedi isto vreme ekspozicije, a samim tim ni dozu zračenja.
Medjutim, primena fantoma u većem broju slučajeva je opravdanija, posebno onda kada se za snimanje koristi meko zračenje. Dozimetri koji se koriste za odredjivanje doza zračenja u takvim uslovima korišćenja mogu da stvore senku na filmu, što ponekad može dovesti do postavljanja pogrešne dijagnoze. Iz tih razloga merenje "in vivo" na pacijentima nijeepoželjno u mamografiji, jer se snimanje izvodi uz primenu vrlo mekog X zračenja, a promene koje se očekuju mogu biti izuzetno malih dimenzija.
U našim merenjima korišćeni su tkivnoekvivalentni termoluminescentni dozimetri u cilju da se proveri njihova prikladnost za merenja doza zračenja "in vivo" na pacijentima.
Merenja su najpre vršena na pacijentima, a zatim su pod istim uslovima ponavljana na fantomu dojke.

Za sve vreme rada prisutan je bio lekar radiolog, kako bi se maksimalno smanjio rizik da se dozimetrima zaklone osetljiva mesta, na kojima bi se mogle očekivati promene. Dozimetri su bili rasporedjeni po gornjoj površini dojke i ispod nje. Snimanje je izvedeno šestopulsnim generatorom X zračenja, proizvodnje Philips, tip Diagnost M, uz primenu visokog napona od 31 kV.

Pod istim uslovima snimanja ozračeni su i dozimetri u fantomu dojke, koji se sastojao od deset slojeva pleksiglasa, svaki debljine 0,5 cm i gustine 0,967 gr/cm^3. TL dozimetri MgB_4O_7: Dy bili su rasporedjeni po gornjoj površini fantoma, ali i unutar a fantoma u svakom njegovom sloju. Na taj način dobili smo podatak o dozi zračenja, kojom se ozračuje dojka pri snimanju, kao i tok apsorpcije zračenja unutar nje.
Izmerene vrednosti doza zračenja prikazane su u Tabeli br. 1.

Tabela br. 1 Doze zračenja kojima se ozračuju dojke, odredjene merenjem na pacijentu i fantomu dojke

IZMERENE VREDNOSTI DOZA ZRAČENJA IZRAŽENE U mGy		
PACIJENT	FANTOM	PRIMEDBA
24,36	29,93	najniža izmerena vrednost
35,02	29,93	najviša izmerena vrednost
31,28	29,93	srednja izmerena vrednost

Merenja su bila izvršena na malom broju pacijenata, jer smo želeli da izbegnemo nepotrebno ozračivanje pacijenata, koje bi bilo neizbežno u slučaju da dozimteri zaklone delimično ili potpuno mesta eventualnih promena.
Na razvijenim snimcima TL dozimetri su se jasno videli.

Zaključak

Merenje doza zračenja,kojima se ozračuju pacijenti pri sprovodjenju rendgendijagnostičkih procedura, može se vršiti termoluminescentnim dozimetrima, koji bi se postavljali na telo paci-

jenta ili bi se unosili u njegove telesne šupljine.
Ovakva se metoda može koristiti bez većih ograničenja u slučaju kada se prosvetljavanje ili snimanje sprovodi uz primenu viših energija X zračenja, ali je neprihvatljiva u mamografiji i nekim drugim dijagnostičkim procedurama za koje se koriste naponi ispod 50 kV.
Primena TL dozimetara u takvim slučajevima nije opravdana, jer dozimetri ostavljaju vlastitu senku na filmu, čime mogu da utiču na postavljanje pogrešne dijagnoze. Ukoliko se za merenja koriste odgovarajući fantomi, dobijaju se zadovoljavajuća slaganja izmedju vrednosti, koje bi se postigle merenjem sa fantomom i "in vivo", a pacijent je poštedjen rizika od ponovnog nepotrebnog ozračivanja.

Summary

DETERMINATION OF BREASTS IRRADIATION BY TL DOSIMETERS "IN VIVO"

The results of comparable measurements carried out with the breast phantom and patient "in vivo" point out the existance of a very good agreement between these two values.

However measurements "in vivo" should be avoided since the dosimeter leaves a shadow on the film. This procedure can be justified only in some special occasions and in that case it must be carried out under control of a physician-radiologist.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985. god.
R.Petrović, - A.Mihajlov,
R.O. "NAFTA-GAS" - N.SAD

PRIMENA IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U RADNOJ ORGANIZACIJI "NAFTA - GAS" I MERE ZAŠTITE NA RADU

ABSTRACT:

The present state of knowledge with respect to radiation hazards is more than sufficient to allow an accurate determination of the reliability of the many safety precautions which have been developed. The margins of safety are very broad and the equipment available to the workers in the field of radioactivity allows operation well within these broad safety factors. The main requirement is respectful konwledge of the possible hazards, and continuous and careful use of the tools provided to maintain these safe conditions.

U V O D:

U RO "Nafta-gas" izvori jonizujućih zračenja se koriste od 1964. godine. Svi izvori su uvezeni iz SAD-a zajedno sa odgovarajućom opremom za elektrokarotažna merenja. Koriste se izvori gama zračenja tipa Cs-137 i Ra-226, kao i neutronskog zračenja tipa Am-Be. Pored ovih, radnih izvora, koristi se veći broj izvora za kalibracije i laboratorijsko podešavanje elektronskih delova sondi. Ukupno se koristi 25 izvora jonizujućih zračenja raznih intenziteta i tipova pa je i zaštiti na radu posvećena dužna pažnja.

P R I M E N A :

Najvažnija primena izvora jonizujućih zračenja je merenje gustine i poroziteta geoloških slojeva u bušotinama. Moguća su i merenja gustine fluida u stubu bušotine, ali su ova merenja kvalitativna u cilju razdvajanja gasne i tečne faze.

U sondi za merenje gustine slojeva koriste se izvori gama zračenja tipa Cs-137, intenziteta 74 GBq. Na osnovu izmerene vrednosti gustine nekog sloja G_b može se izračunati i porozitet tog sloja ϕ_d, ukoliko se poznaje gustina stene matriksa G_m i gustina slojnog fluida G_f, a prema relaciji:

./.

$$\phi = \frac{G_m - G_b}{G_m - G_f}$$

Direktno merenje poroziteta nekog sloja postiže se pomoću sonde sa neutronskim izvorom jonizujućeg zračenja tipa Am-Be, intenziteta 166,5 GBq ili 666 GBq. Odziv ove sonde, porozitet ϕ_n, *direktno je proporcionalan količini tečne faze u pornom prostoru stene matriksa. Ako je ovaj prostor potpuno ispunjen tečnom fazom informacija o porozitetu će biti istinita, no ukoliko to nije slučaj, izmereni porozitet* ϕ_n *će biti manji od stvarnog. Zahvaljujući ovom, kombinujući vrednosti* ϕ_d *i* ϕ_n *moguće je izračunati zasićenje tečnom fazom* S_t *prema izrazu:*

$$S_t = \frac{\phi_n}{\phi_d}$$

Pored izvora jonizujućih zračenja koji služe za direktna izvodjenja operacija u bušotini postoje i izvori tačno odredjenog intenziteta koji se postavljaju uvek na isto mesto u odnosu na detektore u sondi i služe za kalibracije instrumenata pre početka merenja na bušotini. Ovi izvori su nižih intenziteta zračenja reda nekoliko stotina KBq, ali veoma dugog vremena poluraspada, kao što je Ra-226 ili Am-241. Izvori istog tipa, ali nešto nižih intenziteta koriste se u laboratoriji za održavanje za podešavanje nivoa diskriminacije, kontrolu GM i scintilacionih detektora itd.

Z A Š T I T A:

S' obzirom na broj izvora jonizujućih zračenja, kao i na broj radnika uključenih u rad i prevoz izvora, zaštiti od jonizujućeg zračenja se pridaje odgovarajuća pažnja. Pravilnikom o zaštiti od jonizujućih zračenja regulisane su sledeće oblasti:

- *skladištenje i čuvanje izvora jonizujućih zračenja;*
- *prevoz izvora jonizujućih zračenja;*
- *kontrola skladišta;*
- *kontrola izvora i kontejnera;*
- *kontrola zdravstvenog stanja radnika;*
- *obuka radnika za rad sa izvorima jonizujućih zračenja;*
- *kontrola primljene doze radnika;*
- *rukovanje izvorima konizujućih zračenja; i*
- *postupak u slučaju akcidentne situacije.*

Svi radni kao i odredjeni kalibracioni i laboratorijski izvori, smešteni su svaki u svom kontejneru. Nivo zračenja na površini kontejnera je takav da omogućava bezbedno manipulisanje.

U priloženoj tabeli prikazani su podaci kontrole šest kontejnera za 1984. godinu. Doze su date u nGy/s.

IZVORI	AKTIVN.	DOZA NA RUČICI		MAX.DOZA NA POVRŠINI	
		⌐	⌒	⌐	⌒
Am-Be	666 GBq	44,5	90	55,5	222,5
Cs-137	74 GBq	61,5	--	178	---
Cs-137	74 GBq	83,5	--	111	---
Cs-137	74 GBq	36	--	61	---
Am-Be	166 GBq	6	14	16,5	41,5
Am-Be	166 GBq	15	55,5	27,5	139

Kontajneri se čuvaju u skladištu izvora jonizujućih zračenja koje se nalazi u krugu OOUR-a. Ovo skladište je sagradjeno u obliku betonskih šahti pokrivenim metalnim poklopcima obloženim olovom. Nivo zračenja u skladištu je na nivou prirodne radioaktivnosti okoline.

Prevoz izvora od skladišta do mesta rada obavlja se karotažnom aparaturom. Tom prilikom se izvori nalaze u zadnjem delu vozila tako da je nivo zračenja u kabini vozača na nivou fona.

Zbog veoma nepovoljnih uslova u bušotini (visoki pritisci i temperatura) kojima se izloženi izvori u toku izvodjenja operacije moguća su oštećenja kapsula u kojima se nalaze izotopi. Zato se najmanje jedanput godišnje vrši kontrola ispravnosti izvora uzimanjem brisa sa kapsule. Brisevi se ispituju u Institutu "Boris Kidrič" uz pismeni izveštaj o utvrdjenom stanju. Istovremeno se kontroliše ispravnost svakog kontejnera merenjem doze u karakterističnim tačkama, a takodje se kontroliše stanje u skladištu izvora istovetnim merenjima u odredjenim tačkama.

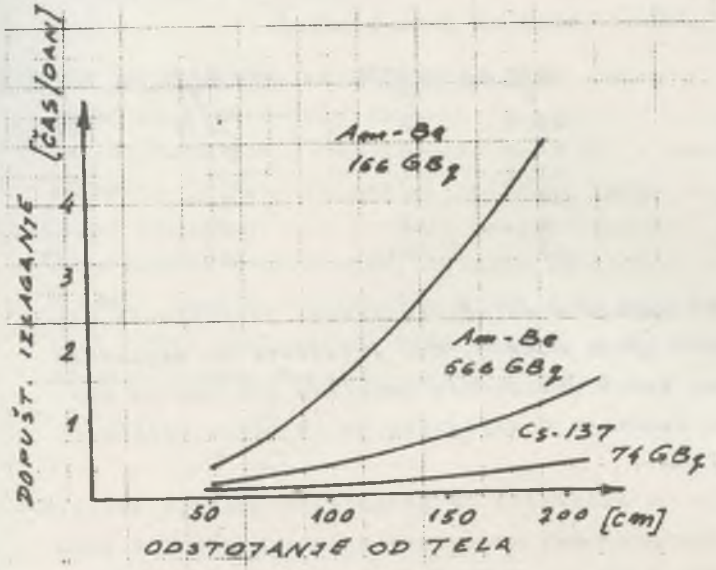
U rad sa izvorima jonizujućih zračenja uključena su 43 radnika. Režim rada je takav da svaki radnik ne dolazi svakodnevno u blizinu izvora. Odredjeni radnici samo prevoze ili prenose kontejnere ili obavljaju odredjene poslove u blizini sonde kada se u njoj nalazi izvor jonizujućeg zračenja, dok drugi radnici manipulišu izvorima i odgovorni su za sve poslove koji uključuju izvore jonizujućeg zračenja.

Svi radnici se jedanput godišnje pregledaju u ambulanti Instituta "Boris Kidrič" u Vinči. Na osnovu ovog pregleda za svakog radnika se daje mišljenje o zdravstvenoj sposobnosti za rad sa izvorima.

Za kontrolu primljene doze koriste se TLD dozimetri koji se kontrolišu svakog meseca.

Današnje znanje o opasnosti jonizujućeg zračenja je dovoljno za precizno odredjivanje granice sigurnosti prilikom rada sa

izvorima. No još je važnija svest radnika o mougćoj opasnosti.



Zato su svi radnici koji rade sa izvorima j.z. završili jedan od kurseva u Centru za permanentno obrazovanje "Škola" Instituta "Boris Kidrič". Radnici koji manipulišu izvorima kad su ovi izvan kontejnera završili su šestonedeljni kurs, dok su ostali završili petodnevni kurs zaštite od zračenja.

Kao tehnička sredstva zaštite prilikom vadjenja izvora iz kontejnera i postavljanja u sondu, mogu se koristiti samo manipulatori. Tom prilikom se kontejner postavlja što bliže mestu izvo[illegible]nja ove operacije u cilju što kraćeg vremena izlaganja organizma j.z.. Primera radi, kad se postavlja izvor Cs-137, aktivnosti 74 GBq u sondu za merenje gustine koristi se manipulator dužine 90 cm. Prema merenju proizvodjača opreme brzina prijema doze na kraju manipulatora iznosi oko 2444 nGy/s. S' obzirom da je odnos dužine izvora prema dužini manipulatora veći od 50, izvor se može smatrati tačkastim izvorom j.z., te se za procenu primljene doze može primeniti inverzno kvadratno pravilo.

Prilikom naipulisanja operater radi ispruženom rukom što uglavnom udvostručuje odstojanje izvora od tela, te je brzina prijema doze oko 600 nGy/s. Prema današnjim shvatnjima radnik profesionalac može raditi u polju j.z. od 6,94 nGy/s, što znači da u toku dana nesme manipulisati izvorom duže od 5,5 minuta. Činjenica je da radnik u toku jednog obimnijeg karotažnog m erenja primi i dvostruku dnevnu dozu, ali ovakva merenja radnik obavlja u proseku dva puta mesečno, te je ukupna mesečna doza daleko manja od dozvoljene.

Na priloženom dijagramu je prikazan dozvoljena dnevna dužina rada sa tri najčešće korištena izvora u zavisnosti od odstojanja tela radnika od izvora.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juna 1985.

Vujnić V., Tomašević M., Minevski Z.
Institut za onkologiju i radiologiju - Beograd
Institut za medicinu rada - Beograd

RADIOLOŠKO FIZIČKI ASPEKTI MAMOGRAFIJE

Sažetak. Odredjivane su doze zračenja na dojku kod mamografskih pregleda. Za merenje je korišćen fantom od pleksiglasa i TLD sistem, izmerene doze zračenja na površini dojke su oko 50 puta veće nego doze na filmu i iznose 6 cGy kod 35 kV i 320 mAs. Na 12.500 bolesnica pregledanih mamografski u 1984.god. ocenjeno je da rizik indukovanja fatalnog i nefatalnog raka dojke postoji kod oko 12 bolesnica.

UVOD

Bolesnici koji idu na radiološke preglede primaju neminovno parcijalno zračenje na više organa. Poznavanje raspodele doze zračenja kod ozračenih indivudua dozvoljava procenu radiacionog rizika koji je u vezi sa tim pregledom, što dalje dozvoljava da se radiološka procedura optimalizuje u odnosu na radiacioni rizik, odnosno da se analizom odredi odnos rizik - šteta za svako ispitivanje i da se izračuna radiaciono oštećenje koje je vezano za swaki postupak. Radiacioni rizici povezani sa niskim nivioima zračenja niskoga LET (koje se sreće u Rö dijagnostici) su indukcije fatalnih i nefatalnih oblika raka i pojava naslednih deformacija na potomcima. Kvantitativne procene ovih rizika i neodredjenosti koje uz njih postoje dati su u literaturi i mogu se koristiti da bi se dobile procene rizika vezane za prosečne doze. (1).

Na tabeli 1. dati su somatski i genetski rizici preporučeni za upotrebu od strane ICRP. Genetski rizici su povezani sa ozbilj-

nim naslednim efektima za sve buduće generacije, a za jednu polovinu može se očekivati da će se dogoditi u prve dve generacije. Procena radiološkog rizika pretpostavlja da postoji linearan odnos izmedju doze zračenja i izazvanog efekta. Date numeričke vrednosti su prosečne i ne uzimaju u obzir bilo kakve poznate razlike u vezi sa starošću ili polom (npr. velika razlika u radiacionoj osetljivosti izmedju dojke kod žena) visoka osetljivost - i muškaraca. Detaljnije procene radiacionog rizika baziranog na vrednostima iz tabele 1. moraju da uzmu u obzir i latentni period za pojavu efekata, životno doba ozračenih individua, a takodje i činjenicu da su genetski efekti važni samo kod individua u reproduktivnom periodu.

Tabela 1.

Procene somatskih i genetskih rizika za individue izložene niskim nivoima zračenja niskoga LET

O r g a n	Rizik ne fatalnog kancera (Gy^{-1})	Rizik fatalnog kancera (Gy^{-1})	Rizik ozbiljnog naslednog efekta (Gy^{-1})
Ovarie	-	-	2×10^{-2}
Testis	-	-	2×10^{-2}
Dojka	$2,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	-
Pluća	-	2×10^{-3}	-
Koža	10^{-2}	10^{-4}	-
Košt.srž	-	2×10^{-3}	-
Ostalo	-	5×10^{-3}	-

(Pod ostalo podrazumevaju se svi drugi organi osim navedenih)

MERNA METODA I REZULTATI

Kao tipične uredjaje za mamografiju koristili smo Siemens mamomate Instituta za onkologiju i radiologiju - Beograd - dva uredjaja. Merenje smo vršili u fantomu od plesiglasa koji je bio načinjen od slojeva debljine 5 mm i ukupne debljine 5 cm, zračenje smo merili na površini i na 1,2,3,4 i 5 cm dubine. Za

merenje smo koristili uslove ekspozicije 30 i 35 kV i uvek 320 mAs, što je u praksi daleko najčešće. Detektor je bio TLD pastila Mg.B 704:Dy proizvodnja Inst. "B.Kidrič" - Vinča, a TLD čitač je bio firme Pitman, poluautomatik. Rezultati su dati na tabeli 2.

Tabela 2.

Izmerene doze zračenja u mGy

Aparat Dubina (cm)	30 kV, 320 mAs doza	35 kV, 320 mAs doza
0	41,00	63,79
1	17,18	20,41
2	6,81	14,50
3	3,08	5,96
4	0,97	4,24
5	0,60	1,65
Aparat II		
0	21,62	37,00
1	10,23	18,46
2	5,03	
3	2,23	3,61
4	0,87	
5	0,38	0,88

DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Iako istoga tipa aparati daju različite ekspozicije. Kod 30 kV aparat I daje doze veće za 1,95 puta, a kod 35 kV isti aparat daje doze veće za 1,73 puta nego aparat II. Doze na površini su veće nego doze na 5 cm dubine (gde se i film nalazi) za 68 odnosno 38 puta kod aparata I, odnosno za 56 i 42 puta kod aparata II. Ovo znači da se površinski sloj dojke ozrači za prosečno 50 puta više nego što je doza potrebna za impresioniranje filma. Da bi se smanjila doza zračenja na površinu dojke, morali bi film učiniti osetljivijim, što je jedino moguće ako se taj film stavi izmedju specijalnih folija koje smanjuju dozu i do 5 puta. Drugi način bi bio posebnim filtrom smanjiti procenat zračenja koje ima najnižu energiju i koje se emituje iz mamo-

grafske Rö cevi. Specijalne folije za mamografiju mi nismo imali, a pitanje filtracije zračenja niske energije moguće je delimično rešiti samo kod konstrukcije mamografske Rö cevi.

Iz gore iznetog može se zaključiti: na dva uredjaja za mamografiju u toku 1984.g. napravljeno je 12.500 mamografskih pregleda, odnosno ukupno 50.000 ekspozicija, uz pretpostavku da je svaki snimak bio sa 35kV i 320 Mas i da su oba uredjaja radila podjednako, moguće je izračunati ukupnu dozu zračenja koju su sve bolesnice primile na površinski sloj dojke. Primenom tablice 1. i faktora rizika za dojku (ukupan 5×10^{-3}) moguće je izračunati i broj bolesnica, koji iznosi tačno 12,5. To znači da na 1.000 bolesnica ispitanih mamografski moguće je indukcija jednoga karcinoma. Razume se da ovom prilikom uopšte ne ulazimo u analizu starosti bolesnica, kao ni u odnos broja pozitivnih i negativnih nalaza, jasno je da je u okviru 12.500 bolesnica otkriven maligni proces i tada nema nikakvog značaja verovatnoća indukovanog karcinoma. Dati broj indukovanih karcinoma treba posmatrati isključivo u svetlu upozorenja da mamografski pregledi ipak u sebi nose odredjen nivo rizika, koji se može smanjiti korišćenjem npr. posebnih folija za mamografske filmove.

Prema literaturi (2) doza do 2 cGy na dojku je dovoljno niska da bi se vršio i skrining žena u rizičnom životnom dobu u cilju otkrivanja karcinoma dojke. Doze iznad ove mogu se opravdati samo kod simptomatske dijagnoze. Prema merenjima i praksi u Vel. Britaniji (3) za asimptomatski skrining najbolje je koristiti Rö cev sa molibdenskom anodom i specijalno osetljiv film zajedno sa pojačavajućom folijom. Takodje se sugeriše napuštanje Rö cevi sa volframskom anodom i snimanje samo sa filmom.

Kao krajnji zaključak može se reći da bi bilo korisno u okviru cele zemlje izvršiti pregled rada mamografskih uredjaja u smislu *ukupnog broja ekspozicija, prosečne doze zračenja, vrste aparata* i filmova (sa i bez folija) i usmeriti buduće mamografske pretrage na smanjenje štetne komponente.

Abstract.

Radistion doses at the mamographic examination of the female brast were determined. For measurement plexy phantom was used and TLD sistem. Doses at the surface were up to 6 cGy per one exposure at 35 kV and 320 mAs, over 50 times higher than the doses on the film. On 12.500 patients examined by mamography because of simptomatic diagnosis (year 1984.), it was estimated that radiation induced carcinoma of the brest can happen in one case per each 1000 patients.

Literatura

1. ISRP 1977. Recomandations of the International Comision on Radiological Protection Publication 26 (Oxford,Pergamon)
2. Ellis, R.E., 1972. Breast Cancer following irraciation. British Journal of Radiology, 45, 795-796.
3. Fitzgerald, M., B. Sc. march 1981. Mamographic practice and dosimetry in Britain. British Journal of Radiology, 54, 212-220.

XIII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Pula, 10-13 juni 1985.

Orlić M.[+], Mitrović M.[++] Basrak J.[++]
[+]) Vojnotehnički institut - Beograd
[++]) "Rudi Čajavec" - Banja Luka

RADIJACIONA OTPORNOST EPROM MEMORIJA

Razmatran je problem radijacione otpornosti EPROM memorija baziranih na MOS strukturama. Pokazano je da su one osetljivije na gama nego na neutronsko zračenje. Stoga su izvršene eksperimentalne provere u polju gama zračenja Co-60. Prvi otkazi javili su se pri dozama reda 100 Gy.

1. U V O D

Napredak tehnologije integrisanih kola od velike gustine pakovanja (LSI) do vrlo velike gustine pakovanja (VLSI) doveo je do smanjenja njihove radijacione otpornosti. Ovo je naročito značajno kada se ova kola koriste u instrumentacija za vasionska istraživanja, kod nuklearnih postrojenja ili u ratnoj dozimetrijskoj instrumentaciji. U ovakvim uslovima mogu se javiti tri bitna tipa radijacionih oštećenja: prelazne pojave (trenutno gama zračenje), destrukcija kristalne strukture materijala (neutroni) i akumulacioni efekt (uglavnom od kontinualnog gama zračenja).

U ovom radu posmatra se samo dejstvo zračenja na MOS strukture (NMOS memorije). Kod njih je izuzetno značajan akumulacioni efekt /1/. Pošto je aktivna zapremina sloja izolatora (obično SiO_2), čija zapremina iznosi manje od 10^{-10} cm^3 /2/, dejstvo gama zraka znatno je izraženije od dejstva neutrona. Stoga se dalje posmatra samo dejstvo gama zračenja.

Za ispitivanje radijacione otpornosti u polju gama zračenja izabrano je kolo M2716 (INTEL), koje prestavlja 16384 bitnu memoriju. Ona spada u klasu EPROM memorija koje se mogu brisati UV svetlošću i koja ima mogućnost programiranja električnim impulsima. Brisanje je efikasno svetlošću talasne dužine manje od 0.4 μm. U početnom stanju, kao i u toku brisanja, sve lokacije u memoriji nalaze se u stanju logičke jedinice. Podaci se unose selektivnim unošenjem

logičkih nula u programom predvidjene lokacije. Za to se koriste naponski impulsi od 25 V i trajanja 25 ms. Ukupno vreme programiranje cele memorije iznosi oko 100 s.

2. METOD ISPITIVANJA

Ispitivanje radijacione otpornosti memorije M2716 izvršeno je u polju gama zračenja ^{60}Co (srednja energija gama kvanata 1.25 MeV) na uzorku od 3 komada. U sve tri memorije upisano je stanje logičke nule u svim lokacijama. Ozračivanje je vršeno u 22 koraka. Podaci o jačini doze i dozi u svakom koraku dati su u tabeli 1.

TABELA 1 Podaci o ozračivanju memorija M2716

Korak	jačina doze, cGy/h	doza, cGy	ukupna doza, cGy
1	400	100	100
2	400	100	200
3	400	100	300
4	400	100	400
5	400	100	500
6	400	100	600
7	400	100	700
8	400	100	800
9	400	100	900
10	400	100	1000
11	3300	500	1500
12	3300	500	2000
13	3300	500	2500
14	3300	500	3000
15	3300	1000	4000
16	3300	1000	5000
17	3300	1000	6000
18	3300	1000	7000
19	3300	1000	8000
20	3300	1000	9000
21	3300	1000	10000
22	3300	1000	11000

Posle svakog ozračenja vršena je provera sadržaja memorija po svim lokacijama. Sve do ukupne doze od 100 Gy, nije bilo promene sadržaja ni u jednoj od tri ispitivane memorije. Na dozi od 100 cGy, došlo je do grešaka u dve memorije (broj 1 i 2). U memoriji broj 1 izbrisalo se oko 2.7% lokacija, a u memoriji broj 3 oko 0.6%. Posle 110 Gy povećao se broj grešaka u ovim memorijama, dok je memorija broj 2 i dalje ostala ispravna. Broj izbrisanih lokacija u memoriji broj 1 iznosio je 12%, a u memoriji broj 3 oko 4.3%.

Nakon ovih ispitivanja, izbrisan je sadržaj svih lokacija u sve tri memorije, a zatim bez problema upisan novi sadržaj.

3. Z A K L J U Č A K

Ova ispitivanja su pokazala da otkazi u NMOS memorijama usled akumulacije doze gama zračenja nastaju pri dozama reda 100 Gy. U odredjenom broju memorijskih elemenata dolazi do brisanja sadržaja, odnosno do pojave stanja logičke jedinice. Takodje je ustanovljeno da ova brisanja nisu trajne prirode i da se ovakve memorije mogu preprogramirati.

Objašnjenje za ove efekte treba tražiti u interakciji gama zračenja, odnosno sekundarnih elektrona, sa slojem oksida koji postoji u svim MOS napravama. Pod dejstvom elektrona u oksidu nastaju parovi elektron-šupljina. Zbog razlike u vremenu života i pokretljivosti elektrona i šupljina, u oksidu dolazi do "trapljenja" većeg broja šupljina, čime se stvara pozitivno prostorno naelektrisanje u oksidu u blizini granice sa poluprovodnikom /3/. Efekt ovog naelektrisanja na rad MOS tranzistora isti je kao i dovodjenje pozitivnog napona na njegov gejt, a to znači da dolazi do pomeranja I_{ds}-U_{gs} karakteristike. Na isti način dolazi do pomeranja C-U karakteristike MOS kondenzatora. Što je veća doza gama zračenja, pomeranje je veće. Pri odredjenoj vrednosti doze gama zračenja, ove promene mogu dovesti do narušavanja uslova rada MOS naprava.

Pri objašnjenju ovih pojava mora se voditi računa i o mikrodozimetrijskim efektima. Pošto se radi o malim aktivnim zapreminama (sloj oksida), fluktuacije apsorbovane energije su značajne, tako

da neki memorijski elementi mogu da prime dozu (specifičnu energiju) i za red veličine veću od srednje doze u čipu. Stoga se destrukcija javlja samo kod odredjenog, malog broja memorijskih elemenata.

ABSTRACT

EPROM MEMORY HARDENING

It has been cosidered the problem of EPROM MOS memory radiation hardenig. They are more sensitive to gamma ray then to neutrons. For this reason we take an experimentaly proof with Co-60 gamma ray source. The first failure appeared at doses of the order of 100 Gy.

L I T E R A T U R A

/1/ Frank H., Pert I., Dozimetricke vlastnosti MOS tranzistoru, Jaderna energie, 23, 1977, č.7.

/2/ Holmes-Siedle A., The space-charge dosimeter, Nuclear Instruments and Methods 121 (1974), 169-179.

/3/ Mitchell J.P., Radiation-Induced Space-Charge Buildup in MOS Structures, IEEE Transaction on Electron Devices, Vol.Ed-14, No. 11, november 1967.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OF ZRAČENJA
Pula, 1o-13. juni 1985.

Prokić M., Glodić S., Hadžić D.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, Beograd

PRIMENA MIKRORAČUNARA U AUTOMATIZOVANOM PROCESU MERENJA DOZA ZRAČENJA POMOĆU TERMOLUMINESCENTNIH DOZIMETARA U INSTITUTU "BORIS KIDRIČ" U VINČI

Abstrakt U radu je izneta organizacija sistema merenja i mikroračunarske obrade rezultata lične dozimetrijske kontrole pomoću termoluminescentnih dozimetara u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči.
Rezultati su pokazali da automatizovani procesi očitavanja TL dozimetara (razvijenih i proizvedenih u Institutu) i mikroračunarska obrada podataka doprinose povećanju tačnosti u odnosu na klasični postupak obrade podataka.

Uvod

U toku poslednje decenije, termoluminescentni dozimetri su, zahvaljujući svojim superiornim osobinama u odnosu na ostale tipove dozimetrijskih sistema čvrstog stanja, prihvaćeni kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem u oblasti personalne dozimetrije i na taj način zamenili su ovoj oblasti do sada korišćen sistem - film dozimetre.

Termoluminescentna dozimetrija uvodi nove kvalitete u ličnu dozimetriju, a to su visoka pouzdanost, tačnost i osetljivost, zatim mogućnost uvođenja automatizacije procesa merenja kao i računarsku obradu rezultata merenja. Međutim, primene računara u oblasti merne tehnike su još uvek srazmerno retke u našoj zemlji. Primena mikroračunara i računarske obrade podataka u oblasti lične dozimetrije u našoj zemlji zastupljena je zasad samo u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči. Iskustvo je pokazalo da automatizacija procesa očitavanja TL dozimetara i korišćenje mikroračunara pri obradi rezultata merenja u ličnoj dozimetrijskoj kontroli imaju apsolutna preimućstva u odnosu na klasičan postupak. Posmatrano sa metodološke strane ovaj sistem omogućava daleko jednostavniju manipulaciju podacima u odnosu na klasičan sistem, i posebno pojednostavljuje vođenje dokumentacije.

U ovom radu izneta je organizacija sistema merenja i računarske obrade rezultata lične dozimetrijske kontrole pomoću termoluminescentnih dozimetara u Institutu u Vinči.

Organizacija sistema merenja i obrade podataka

1. Termoluminescentni dozimetrijski sistem u Institutu u Vinči

U Institutu u Vinči razvijena je metoda i tehnologija za velikoserijsku proizvodnju nekoliko tipova TL dozimetara sa mogućnošću primene u različitim oblastima dozimetrije zračenja(1). Posebno, razvoj tehnologije za proizvodnju sinterovanih TL dozimetara na bazi MgB_4O_7:Dy koji su kao visokoosetljivi i približno tkivoekvivalentni TL dozimetri izuzetno pogodni za primenu u ličnoj dozimetrijskoj kontroli, je omogućio da se od 1979. godine ovi TL dozimetri primenjuju za određivanje doza zračenja koje primaju lica profesionalno izložena uticaju izvora jonizujućeg zračenja.

Očitavanje TL dozimetara koji se koriste za ličnu dozimetrijsku kontrolu (u Institutu u Vinči obavlja se kontrola za preko 2000 lica sa teritorije SR Srbije i šire) vrši se na aparaturi sa automatizovanim procesom očitavanja TL dozimetara koja se sastoji od 2271 automatskog čitača TL dozimetara, kalibracionog izvora zračenja, skenera za identifikaciju sifrovanog identifikacionog broja za pojedinačni TLD, zatim od integralnog pikoampermetra, digitalnog komparatora sa TTY interfeisom i printerom, proizvodnje Harshaw Chemical Co, USA.

Sinterovani TLD-IBK MgB_4O_7:Dy, dijametra 4 mm su učvršćeni na pločici - TLD kartici koja omogućava očitavanje TL dozimetara u automatskom čitaču. Posle procesa očitavanja, TL dozimetri su spremni za ponovo korišćenje. Svaka TLD kartica sadrži po dva TLD kao i šifrovan broj koji je pridružen matičnom broju, odnosno imenu kontrolisanog lica. Vrednosti očitavanja TL dozimetara se preko interfeisa prenose na mikroračunar tipa Commodore Model 2001 sa periferijama: dualnim Floppi diskom, jedinicom magnetnih kaseta i printerom Centronics 779.

2. Sistem računarske obrade podataka sa TL dozimetara

Programski sistem za obradu podataka sa TL dozimetara je formiran na bazi sistemskog softvera koji je dostavila firma Commodore. Međutim, zbog različitog pristupa evaluaciji TL dozimetara kao i organizacije sistema lične dozimetrijske kontrole u Institutu, bilo je potrebno u osnovi izmeniti strukturu svih datoteka, odnosno prišlo se uvođenju potpuno novih podprograma u okviru osnovnih programa. Programski moduli su tako koncipirani da omogućavaju potpuno interaktivno korišćenje računara sa mogućnošću ostvarivanja velikog broja nezavisnih funkcija. Ceo sistem obuhvata

pet glavnih funkcija: merenje i akviziciju podataka; ažuriranje datoteke korisnika dozimetara izmerenim podacima; izdavanje izlaznog dokumenta - izveštaja o rezultatima merenja doza zračenja; ažuriranje datoteke korisnika dozimetara matičnim podacima; arhiviranje izmerenih i evaluiranih vrednosti doza zračenja(2).

Programski sistem sačinjavaju sledeći osnovni programi: RANDOM 1.00, ČITANJE DOZA, DATOTEKE i ARHIV, i realizovani su na višem programskom jeziku BASIC.

RANDOM 1.00 - je sistemski program čija je funkcija formatizovanje disketa na kojima se nalazi datoteka korisnika. Program obezbeđuje realizaciju fizičke strukture datoteka, sa još dve pomoćne datoteke, datoteke ključeva i datoteke deskriptora.

ČITANJE DOZA- je program koji se sastoji od jedanaest podprograma i obuhvata funkcije prihvata izmerenih podataka iz mernog sistema 2271 na memorijskim medijumima računara uz formiranje radne datoteke, zatim procedure logičke kontrole podataka sa mogućnošću korkture neispravno učitanih podataka, s obzirom da je osnovni zadatak logičke kontrole obezbeđivanje ispravne vrednosti šifre koja identifikuje korisnika dozimetra, a na osnovu tog podatka vrši se uparivanje radne datoteke sa izmerenim podacima i osnovne datoteke korisnika dozimetara. Podprogram ažuriranja datoteke korisnika dozimetara izmerenim podacima obuhvata proceduru izračunavanja doze zračenja, proceduru pronalaženja zapisa na magnetnoj disketi čiji ključ odgovara šifri dozimetra, i proceduru unošenja novog podatka o dozi u odgovarajuće polje zapisa na disketi. Radna datoteka služi kao kolektor mernih podataka koji sa mernog instrumenta stižu u računar. Redni broj zapisa u matičnoj datoteci se koristi kao ključ za pretraživanje datoteke pri ažuriranju matičnih podataka o korisniku, dok se šifrovani broj dozimetara koristi kao ključ za pretraživanje datoteke pri ažuriranju doza zračenja.

DATOTEKE - Formirani programski sistem obuhvata osam podprograma koji omogućavaju ažuriranje po svim zadatim elementima opisa zapisa matične datoteke kao i promene strukture podataka na disketi. Na jednoj disketi je moguće da se smeste podaci o više radnih organizacija pri čemu je u rezervisanom prostoru za svaku od njih ostavljeno dovoljno mesta za nove zapise (u proseku 15% memorijskog prostora). Podprogram štampanja datoteke u vidu izlaznog dokumenta - izveštaja o primljenim dozama zračenja vrši se na osnovu ažurirane datoteke korisnika dozimetara. Podaci iz radne datoteke se čuvaju na magnetnoj disketi sve dok se prostor na disketi

ne popuni, a potom se podaci arhiviraju na magnetnoj kaseti koja ima veći memorijski kapacitet i dozvoljava sekvencijalni pristup podacima.

ARHIV - je program koji prepisuje (kopira) podatke radne datoteke sa diskete na kasetu. Ovim postupkom su podaci arhivirani i pripremljeni za eventualnu naknadnu (ponovljenu) obradu.

Pored navedenih osnovnih programskih sistema, realizovani su dopunski programi: TLD BEZ ŠIFRI, IZMENE, ŠTAMPA, PERFORACIJE, kojima su proširene mogućnosti korišćenja mikroračunara u okviru sistema lične dozimetrijske kontrole sa TL dozimetrima. Navedenim programima je omogućeno: merenje, obrada rezultata i štampanje izlaznog izveštaja za TLD kartice bez identifikacione šifre; nedgradnjom opisanih programa, realizovana je mogućnost jednovremene evaluacije i štampanja izlaznog dokumenta iz više datoteka, proizvoljnog rednog broja; omogućava štampanje izlaznog dokumenta za datoteku podataka o radnim organizacijama iz više fizički odvojenih delova na disketi; računa BCD kōd bilo kog šestocifrenog broja i štampa šifru uz kontrolu parnosti u zadatom formatu, respektivno.

Zaključak

Prednosti mikroračunarske obrade rezultata merenja doza zračenja sa TL dozimetrima koji se koriste za potrebe lične dozimetrijske kontrole, sastoje se kako u evidentnom poboljšanju rada u ovoj oblasti, tako i u mogućnosti arhiviranja podataka na različitim memorijskim medijumima računara. Ujedno, pažljivo projektovanje programskih modula koji su tako koncipirani da omogućavaju potpuno interaktivno korišćenje računara sa ostvarivanjem velikog broja nezavisnih funkcija, obezbeđuju praktično iste pogodnosti kao i pri korišćenju "velikih računara".

S obzirom da je bitna karakteristika realizovanog sistema visok stepen fleksibilnosti, pored korišćenja u računarskoj obradi podataka u ličnoj TL dozimetrijskoj kontroli, mogućno je i njegovo proširenje na različite oblasti istraživanja u termoluminescentnoj dozimetriji.

Abstract

THE AUTOMATED/SOMPUTERIZED TLD-MONITORING SYSTEM IN "BORIS KIDRIČ" INSTITUTE VINČA

The paper descriges system of microcomputer controlled thermoluminescence personnel dosimetry monitoring in "Boris Kidrič" Institute, Vinča. Results showed that automated and computerized

TLD system resulted in higher degree of accuracy and have the advantage in comparison with classical menner of data processing.

Literatura

1. Prokić M.: Health Physics, (1982) 849.
2. Prokić M.; Popović N., Hadžić D.: XI Regional Congress of IRPA, Vienna, (1983) 209.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Pula 10.-13. jun 1985.

Voskresensky, I. i Grgić-Markulin, Lj.

Zavod za kliničku onkologiju i radioterapiju Medicinskog fakulteta u Zagrebu

SOMATSKI RIZIKO I DOZE ZRAČENJA KOD MAMOGRAFIJA

Sažetak

Kod snimanja dojki postoji rizik oštećenja zbog apsorbcije rentgenskih zraka u organizmu, koji ovisi o raznim tehnikama snimanja. Rentgensko snimanje pojedinih organa izaziva različitu opasnost za nastajanje malignih oboljenja što kod mamografije iznosi cca 5-10% svih incidencija. Potrebno je postrožiti kriterije kod pregleda dojki mamografijom.

Uvod

Aplicirana doza zračenja kod mamografije, nije najvažnija za odredjivanje rizika ozračenja, već je važna prodornost X zraka u dubinu organa, dakle energija zračenja kojom se mamografija vrši. Doza se treba računati u centru organa, a to izračunamo mjerenjem doze zračenja na više mjesta površine dojke.

Tjelesni riziko zračenja

Mjerenjem apsorbirane doze u odredjenom organu može se pretpostaviti i tjelesni riziko kojem je bolesnik izložen pri dijagnostičkim pregledima. Cilj naših mjerenja doza zračenja u pojedinim organima, je ustanoviti dozu zračenja koju je primio pojedini organ, te s tim u vezi ukazati na opasnost nastanka malignog tumora i inducirane leukemije uslijed zračenja (1,2). Opasnost oštećenja postoji kod zračenja SVIH ORGANA, ali je procentualno najveća kod zračenja koštane srži, pluća, ženskih grudi i štitnjače. Tjelesni rizik od zračenja ovisi o ovim parametrima:

1) Incidencija leukemije i ostalih malignih procesa je proporcionalan absorbiranoj dozi u odredjenom organu.
2) Tjelesni rizik zbog zračenja manifestira se kroz opasnost zračenja pojedinog organa, a preko povećanog mortaliteta osoba eksponiranih zračenju u usporedbi sa osobama koje nisu bile zračene.
Podaci su korigirani tako da je testirano samo 5 organa, i to onih koji se javljaju češće pri zračenju (koštana srž, pluća, ženske grudi, ovariji i štitnjača). Moramo znati da i zračenje drugih organa izaziva opasnost oštećenja (snimanje zubiju, bubrega, crijeva i drugo), ali u znatno manjem postotku. Zbog toga je opasnost od zračenja prikazana ovako;

Oštećenja u 5 navedenih organa
Ozračenje dijela crvene koštane srži sudjeluje u nastanku do cca 50% svih tumora izazvanih zračenjem.
Ozračenje pluća sudjeluje u nastanku cca 30% svih tumora izazvanih zračenjem.
Ozračenje ženskih grudi u nastanku cca 9% svih tumora izazvanih zračenjem.
Ozračenje obih ovarija (jajnika) u nastanku cca 8% svih tumora izazvanih zračenjem.
Ozračenje štitnjače sudjeluje u nastanku cca 3% svih slučajeva tumora izazvanih zračenjem.
Ovaj se omjer postotka mijenja prema starosti bolesnika. Osobito su rizične skupine do 35 godina, a zatim opasnost postepeno opada sa starošću bolesnika (3). U svrhu istraživanja uzima se za usporedbu ekspozicija kod pojedinačnih zračenja, odnosno zbroj višekratnih dijagnostičkih ekspozicija zračenja svih pregledanih bolesnika kod kojih postoji signifikantno oboljenje, prema odgovarajućoj nezračenoj grupi stanovnika obaju spolova (4).
Doze zračenja u dojci nije moguće mjeriti direktno. Zbog toga vršimo mjerenja u vodenom fantomu odgovarajućeg volumena. Tjelesni index doze je mjera za individualni rizik od zračenja (5). Somatski signifikantna doza (SSD) kod oštećenja je produkt zbroja pojedinačnog rizika tjelesne doze zračenja i čestoće pregleda dojke kroz godinu dana, prema istoj populaciji s tjelesnim oštećenjem koja nije bila podvrgnuta tim pregledima (5).

Doze zračenja koje bolesnica primi kod mamografija upotrebom raznih tehnika

Snimka s industrijskim filmom	9,77 cGy
Snimka s folijom	2,26 cGy
Snimka s xeroradiografijom (konvencionalna)	18,60 cGy
Snimka s xeroradiografijom s 1,0 mm Al.i filterom	7,15 cGy

Diskusija

Za točnu analizu rizika mamografije potreban je veliki statistički obradjen materijal. Zbog toga mi na našim bolesnicama nismo mogli dokazati svu opasnost zračenja kod mamografija, ali stojimo na stanovištu da se mamografija smije vršiti samo kod ispravnih indikacija. Smatramo da:

1) Kod žena postoji znatno veći riziko ozračenja kod mamografije nego kod muškaraca i to u omjeru 3:1.

2) Mamografija postaje kolektivni riziko za pojedinu populaciju žena, što ovisi o tehnici i čestoći pregleda.

Dokazana je signifikantna razlika na velikim statistikama u javljanju malignih oboljenja kod češćih mamografija (1,6). Naše doze zračenja kod mamografija su nešto iznad doza stranih autora (4). Mi vršimo dnevno oko 8-10 mamografija, što godišnje iznosi i do 2500 snimanja. Naše bolesnice su prosječno stare 30 godina, što je niže nego kod stranih autora. Nismo uočili štetne promjene, ali zbog uputstva Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), moramo biti mnogo kritičniji kod izbora bolesnica za mamografska snimanja.

Zaključak

U zaključku bismo željeli istaknuti preporuku njemačkog rentgenološkog udruženja za primjenu mamografije:

1) Mamografija se preporuća kod palpabilnog tumora dojke, svih dobnih skupina.

2) Mamografiju kod žena ispod 50 godina života vrši se u slučaju pozitivnog ili suspektnog nalaza, koji je ustanovljen screeningom. Karcinom se u tim slučajevima može ranije otkriti.

3) Prvu mamografiju preporuća se raditi kod žena iznad 40 godina života, osim ako anamnestički postoje faktori rizika (karcinom dojke kontralateralne strane, karcinom dojke u premenopauzi kod majke ili sestre bolesnice).

4) Redovite mamografske kontrole 1 puta u 1 godini do 1 puta u 2 godine kod žena kod kojih postoji faktor rizika za karcinom dojke.

5) Mamografski i klinički kontrolni pregled provesti jednom godišnje kod žena iznad 50 godina života (7).

Ove upute baziraju se na današnjim saznanjima te ih i mi preporučujemo za primjenu u našoj praksi.

S U M M A R Y

With breast radiography there is a risk of radiation, because of the absorption of the X-rays into the organism what depends upon different radiography tehnics. X-ray treatment of particular organs provohes a different percent of danger for the originating of malignant deseases. With mamography the risk is all together 5-10%. There is a need to make stricter the criteria in the mamographie examination of the breast.

L I T E R A T U R A

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Ionizing radiation: levels and effects. Vol. II:Effects. United Nations, 1972.
2. National Academy of Sciences, National Research Council: The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation. Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR I), 1972.
3. Sherman, G.J., Howe, G.R., Miller, A.B., Rosenstein, M.: Organ dose per unit exposure resulting from fluoroscopy for artificial pneumothorax. Heth Phys. 35:259, 1978.
4. Ewen, K.: Das somatische Strahlenrisiko in der Röntgendiagnostik. Strahlentherapie Vol. 159. 12:765, 1983.
5. Ewen, K., Driesch, J.P.: Somatisches Strahlenrisiko bei verschiedenen Mammographie-techniken. Röntgenpraxis 34:488, 1981.
6. United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Sources and effects of ionizing radiation. United Nations, 1977.
7. Deutsche röntgengesellschaft Informationen 2:12, 1983.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula,10 - 13.juni.1985

S.Tiosavljević
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"

DOPRINOS SMANJENJU OZRAČENOSTI ŽIVOTNE I RADNE SREDINE OD IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U MASOVNOJ UPOTREBI I MERNO PROCESNOJ TEHNICI

Rezime

Ovo izlaganje predstavlja sintezu višegodišnjeg rada na poslovima preventivne dozimetrije i zaštite od zračenja u saradnji sa korisnicima izvora zračenja u SR Srbiji.Analizom velikog broja rezultata merenja doza zračenja radijacionih polja izvora jonizujućih zračenja uočeni su najčešći problemi u korišćenju istih i dati su predlozi za njihovo rešavanje.

Uvod

Primena izvora jonizujućih zračenja u masovnoj upotrebi odlikuje se važnim specifičnostima u odnosu na ostale primene izvora jonizujućih zračenja.Oni predstavljaju "neprofesionalne" izvore zračenja sa kojima se ne rukuje direktno.Rade u stacionarnom režimu i koriste se u zaštitno preventivne svrhe.Ugradjeni su u našu životnu i radnu sredinu.Neprestano ozračuju okolinu i na taj način povišavaju osnovni nivo zračenja.Aktivnosti su im relativno male,te kao pojedinačni slučajevi ne predstavljaju realnu opasnost.Zbog velikog broja izvora koji su ugradjeni u našu okolinu,iako malim dozama,oni ozračuju značajne grupe stanovništva,te su im,iz tog razloga,zahtevi za zaštitu od zračenja strožiji nego u slučajevima "profesionalnih" izvora zračenja.

Izvori zračenja u merno procesnoj tehnici,kao što su uredjaji za merenje nivoa,gustine,debljine,eliminatori statičkog elektriciteta i dr. koriste radioizotope mnogo većih aktivnosti, pa se primenjuju uz posebno organizovan sistem zaštite od zračenja.

Cilj ovog rada je da ukaže na najčešće probleme u korišće-

nju izvora jonizujućih zračenja,način njihovog rešavanja i predloži dalje aktivnosti radi doslednijeg sprovodjenja principa minimalnog ozračivanja i smanjenja radijacionog rizika.

Problemi u korišćenju radioaktivnih gromobrana (RAG)

Od ukupnog broja radioaktivnih gromobrana u SR Srbiji,oko 15 - 20 % ugradjeno je u životnu sredinu.Samo u Beogradu,na stambenim zgradama,instalisano je oko 200 RAG-a,što predstavlja više od 50 % svih RAG-a u Beogradu.

Vrlo mali broj RAG nije pod redovnom,dozimetrijskom kontrolom (manje od 5 %).

Analizom rezultata merenja jačina doza zračenja gromobrana koji su pod kontrolom,može se zaključiti,da u prostorima gde borave ljudi,u preko 90 % slučajeva,jačina doze zračenja varira u granicama fluktuacija prirodnog fona.U ostalim slučajevima moguće je odredjenim merama,bez većih materijalnih ulaganja,još više redukovati doze kojima je stanovništvo izloženo.Medjutim, izvestan broj RAG-a nije pod kontrolom,pa o njihovom radijacionom aspektu nema kvalitetnih podataka.Ovaj,na izgled mali broj gromobrana,predstavlja značajnu potencijalnu opasnost za životnu sredinu.Kod ovih korisnika,u većini slučajeva,nisu odredjena lica za nadzor nad gromobranom,a takodje nije pribavljeno odobrenje za korišćenje istog od nadležnog Sanitarnog inspektorata.

U radnoj sredini koristi se najveći broj instalisanih gromobrana.Kako je boravak u radnoj sredini ograničen na 8 h dnevno,zahtevi zaštite od zračenja su,pri korišćenju RAG-a,manje strogi,nego u prethodnom slučaju.Dozvoljive vrednosti jačina doza zračenja od RAG-a su veće za faktor 2 nego u životnoj sredini. Pod dozimetrijskom kontrolom se nalazi više od 90 % ugradjenih gromobrana.Iako su zahtevi zaštite od zračenja manje strogi,nego u slučaju životne sredine,rezultati merenja pokazuju da u preko 90 % slučajeva,jačine doza zračenja variraju unutar granica fluktuacija prirodnog fona.

Problemi korišćenja RAG-a javljaju se kod korisnika koji se ne pridržavaju zakonom predvidjenih mera zaštite od zračenja. Takvih korisnika je manje od 10 %,ali njihovi gromobrani,ipak, predstavljaju konačnu opasnost,naročito u akcidentalnom smislu.

Problemi u korišćenju jonizujućih javljača požara (JJP)

U Srbiji se sada koristi više desetina hiljada jonizujućih javljača požara.Najčešće korišćen izvor zračenja u njima je Am-241,aktivnosti od 29.6 kBq do 2.66 MBq.Pored ovih koriste se i izvori Ra-226 i Kr-85,ali u vrlo malom broju.

Aktivnosti izvora zračenja u jonizujućim javljačima požara su ekstremno male,pa i opasnost od ozračivanja ne predstavlja ozbiljan problem,ali takvih je izvora veoma mnogo u masovnoj upotrebi.Najveći problem je što više hiljada JJP nije pod kontrolom,a za veliki broj nikada nije ni traženo odobrenje za korišćenje,niti su odredjena lica za nadzor nad ugradjenim javljačima.Značajan broj hotelskih i drugih objekata gde se stanovništvo masovno okuplja koristi JJP koji nisu pod kontrolom.Kao posledica toga,često dolazi do nestanka javljača sa izvorima zračenja,a da se ne zna ko ih je demontirao i žašto,da li je slučajno javljač izgubljen ili je u pitanju zloupotreba.Korisnik izvora zračenja ovde je često u poziciji da sam procenjuje,da li i koje mere zaštite od zračenja treba sprovoditi.

Izvori zračenja u merno procesnoj tehnici

U današnje vreme gotovo da nema tehnološkog procesa koji ne koristi korisne osobine jonizujućih zračenja.

Za merenje nivoa,najčešće se,zbog visokoenergetskog zračenja,koristi Co-60,aktivnosti od 18.5 MBq do 3.7 GBq,za merenje gustine Cs-137,debljine Am-241,Sr-90,Kr-85 i dr.,a u eliminatorima statičkog elektriciteta,po pravilu Am-241.

Kontaktne vrednosti jačina apsorbovanih doza zračenja u vazduhu na ovim uredjajima,kreću se u granicama od 5.5 nGy/s do 122 nGy/s.Na mestima izvršilaca posla,kod svih kontrolisanih uredjaja,jačine doza zračenja se kreću u granicama dozvoljivih vrednosti za profesionalce.

Izotopi u ovim uredjajima su,po pravilu,mnogo većih aktivnosti nego u slučaju masovne upotrebe izvora zračenja,pa se koriste uz posebno organizovan sistem zaštite od zračenja.

Usled nesprovodjenja propisanih mera zaštite od zračenja, u praksi se javljaju veliki propusti pri korišćenju izvora zračenja,akcidenti i ozračivanje osoblja.Tako naprimer,kao merač nivoa na livačkoj peći,korišćen je uredjaj sa Co-60,aktivnosti 370 MBq,bez zaštitnog kontejnera,jer je isti bio istopljen usled visoke temperature.Ne zna se kada se ovaj dogadjaj odigrao,kao ni nivoi eventualnog ozračivanja,pa ni posledice,jer se zakonske kontrole ovih uredjaja nisu vršile.

Pored toga,ima slučajeva da korisnik izvora zračenja,bez potrebnog odobrenja za nabavku - uvoz,nakon kupovine,nekoliko godina neregularno čuva uredjaje sa izvorima zračenja u krugu svoje organizacije,bez ikakvog obezbedjenja (Co-60,7 x 55.5 MBq).

Nažodje,ima slučajeva da se radnici pri radu izlažu štetnom dejstvu jonizujućih zračenja a da pri tome nisu pod ličnom dozimetrijskom i medicinskom kontrolom.

Iz napred izloženog može se zaključiti da se pri korišćenju izvora jonizujućih zračenja javljaju značajni problemi. Da bi se izbegle veće posledice,usled nepravilnog korišćenja izvora,treba odmah pristupiti rešavanju uočenih nepravilnosti.U tom cilju predlažemo neke od mera koje bi trebalo sprovesti:

Sve izvore jonizujućih zračenja treba evidentirati i staviti pod strožiju kontrolu;

Izvršiti obuku lica koja rade sa izvorima zračenja i lica koja su odgovorna za sprovodjenje mera zaštite od zračenja;

Preciznije definisati obaveze projektnih organizacija,izvodjača radova,isporučilaca opreme i krajnjih korisnika pri nabavci,ugradnji i korišćenju izvora jonizujućih zračenja;

Nadležni Sanitarni inspektorati treba doslednije da vrše kontrolu sprovodjenja zakonskih obaveza pri korišćenju izvora zračenja;

Potrebno je ostvariti bolju saradnju izmedju Sanitarnih inspektorata,organizacija odredjenih za vršenje poslova zaštite od jonizujućih zračenja i korisnika izvora zračenja.

Abstract

This paper gives the synthesis of the many years practice in the preventive dosimetry and radiation protection field in the collaboration with the radiation sources users in Serbia. By the analysis dosys measurements results for the great number of radiation sources the most frequently problems in their use and suggestions for their sanify are given.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipanj 1985.

Perhat V., Alunić Lj. i Talijančić B.
Klinički centar za onkologiju i radioterapiju, Split
Institut za pomorsku medicinu, Split

OZRAČENJE I ZAŠTITA BOLESNIKA KOD TELERADIOTERAPIJE NEMALIGNIH OBOLJENJA

Prikazuju se rezultati mjerenja izloženosti ionizirajućem zračenju pojedinih kritičnih organa i ekstremiteta za vrijeme telekobaltne terapije jednog nemalignog oboljenja.
Rezultati mjerenja pokazuju da su neki dijelovi tijela bolesnika izvan polja zračenja izloženi relativno visokim dozama gama zračenja, te je potrebno postavljanje stroge indikacije za terapiju kao i sprovođenje nekih mjera zaštite.

Uvod

Periartritis humero scapularis (skraćeno PHS) je opći naziv za niz degenerativnih promjena u periartikularnoj regiji ramena koje nastaju uslijed makro ili niza mikro trauma ramenog zgloba. One mogu biti posljedica pada, velikog opterećenja kojem je tokom ljudskog vijeka izložen ovaj zglob i kao profesionalno oštećenje. (1)
Rendgenska slika je vrlo karakteristična, tipičan je nalaz, niz zakrečenja uz rub velikog tuberkuluma. (2)
Liječenje PHS svodi se na smanjivanje bola i omogućavanje pokretljivosti ruke. Počinje se antidoloroznom terapijom per os ili lokalno, a slijedi fizikalna terapija, rjeđe operativna i radiaciona. Ova posljednja se koristi u vidu X zraka od 140 do 180 kV i kao teleradioterapija s Cs 137 ili Co 60.
(3, 4, 5, 6)
U Centru za onkologiju i radioterapiju Split, već duže se vrijeme okorjeli slučajevi PHS uspješno liječe telekobalt terapijom.
S obzirom da se ne radi o malignom oboljenju, cilj rada je procjena izloženosti zračenju pojedinih organa izvan direktnog snopa. Doze zračenja procjenjene su na osnovu zacrnjenja dozimetrijskih filmova, koji su zajedno s ionizacionim komorama

postavljani na površinu tijela iznad pojedinih organa, uz predpostavku da ovakva mjerenja mogu biti izvedena uz veće ili manje greške.

Materijal i metoda

Mjerenje ionizirajućeg zračenja izvršeno je na 15 bolesnika, 9 muških i 6 ženskih s godinama starosti od 30 do 74 godine, a u vremenskom intervalu od 5 mjeseci. Kod svih bolesnika postavljena je dijagnoza ortopeda, fizijatra i radiologa za PHS.
Za terapiju se koristio uređaj "Theratron 80" s radioaktivnim izvorom Co 60 aktivnosti 74 000 GBg. Bolesnik se nalazio u ležećem položaju ispod snopa zračenja 10 x 10 cm ili 10 x 12 cm usmjerenog na mjesto najvećeg bola ili na vapneni depozit lociran iz rendgenskog snimka.
Kod svakog bolesnika primjenjeno je deset seansi zračenja od 100 cGy. Zračenje se sprovodilo pet puta sedmično u toku dvije uzastopne sedmice do ukupno propisane doze od 1000 cGy.
Za vrijeme terapije mjerene su doze zračenja na nekim ranije određenim organima bolesnika. To je oko bliže zračenom ramenu i drugo oko, zatim donja trećina sternuma (prsa) i leđa u visini 8 - 10 torakalnog kralješka na osnovu kojeg je procjenjena doza ozračenja pluća. Gonade su mjerene na strani zračenja i na suprotnoj strani. Na navedena mjesta odnosno organe prije svake seanse postavljene su ionizacione komore proizvođača Victoreen tipa 130, 227, 228, 552, 663 i do njih dozimetrijski filmovi (Personal Monitoring Film, Kodak). Na svakog bolesnika postavljeno je sedam filmova za jednu seansu.

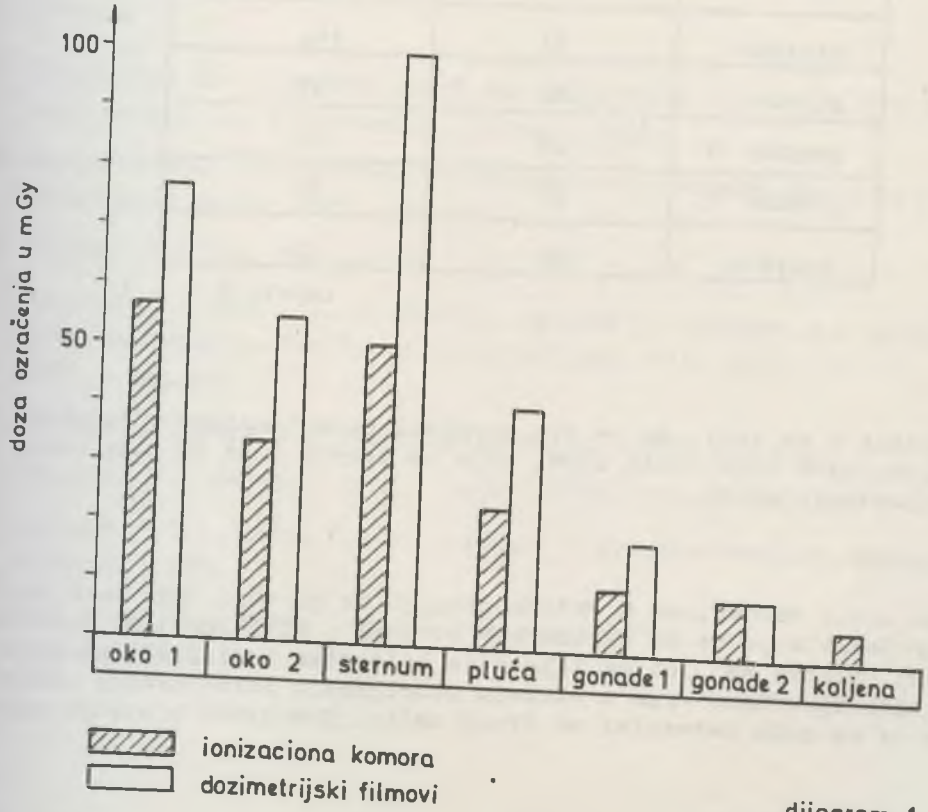
Rezultati i rasprava

Obrađena su 182 dozimetrijska filma i na osnovu njihovog zacrnjenja procjenjene su doze ozračenja navedenih kritičnih organa bolesnika nakon pojedine seanse zračenja. Iza svake seanse očitana je također i doza ozračenja na postavljenim ionizacionim komorama.

Minimalna i maksimalna doza ozračenja u mGy po seansi očitana na ionizacionim komorama i procjenjena nakon obrade dozimetrijskih filmova prikazana je u tabeli 1, dok su srednje vrijednosti doza ozračenja za ukupni tretman od 10 seansi prikazane u dijagramu 1.

mjerno mjesto	ionizaciona komora (doza u mGy)		dozimetrijski film (doza u mGy)	
	min.	max.	min.	max.
oko 1	2,7	10,0	6,0	10,5
oko 2	2,5	8,0	3,5	6,0
sternum	3,0	8,1	6,0	12,5
leđa	2,0	3,0	4,3	9,0
gonade 1	0,5	1,9	1,5	2,7
gonade 2	0,4	1,9	0,8	1,5
koljena	0,1	1,5	-	-

tabela 1



dijagram 1

Prema preporuci ICRP-a smatra se da bi se stohastički efekti mogli spriječiti odredivanjem maksimalne ekvivalentnedoze za rizičnu grupu gradanstva od 5mSv godišnje za cijelo tijelo i 3mSv za očne leće. Za ostale organe ekvivalentna doza je procjenjena na osnovu relativnog rizika za cijelo tijelo.Faktori relativnog rizika iznose o,25 za gonade, 0,15 za prsa, 0,12 za pluća i 0,03 za kost. (7,8)
Tabela 2 prikazuje ozračenje kritičnih organa bolesnika nakon sprovedene terapije PHS u postocima maksimalno dopuštene doze (MDD) za rizičnu grupu gradanstva za godinu dana

mjerno mjesto	MDD za 1 god. (mSv)	primljena doza (% MDD)
oko 1	3	1900
oko 2	3	1300
sternum	33	154
pluća	42	57
gonade 1	20	55
gonade 2	20	50
koljena	170	3

tabela 2

Iz tabele 2 se vidi, da se svi ozračeni organi nalaze u dopuštenim granicama osim očnih leća, koje se ozrače i do 19 puta više od dopuštenih normi.

Zaključak

Prema novim saznanjima u radiobiologiji ne postoji tako mala doza zračenja koja ne bi ugrožavala čovjeka , bilo genetski bilo somatski. Smatra se , da će izlaganje bolesnika ionizirajućem zračenju biti opravdano samo u slučaju poboljšanja zdravstvenog stanja, koje se ne može ostvariti na drugi način. Rezultati mjerenja zrače-

nja pokazuju, da su doze koje prime očne leće olesnika u toku telekobaltne terapije jako visoke, 19 puta veće od maksimalno dopuštenih. Prema tome, iako su rezultati liječenja PHS izuzetno dobri, telekobaltnu terapiju treba sprovoditi u strogim indikacijama, kao krajnu mogućnost u liječenju uz obaveznu i efikasnu zaštitu očnih leća tokom cijelog liječenja.

Summary

Exposure doses to various organs at risk during telecobalt treatement of a nonmalignant disease have been evaluated.

Some of these were found to be rather high when compared to the Maximum Permissible Doses recommended by ICRP.

Radiotherapy of PHS should therefore be prescribed as the last choice and the protection of sevaral organs is imperative.

Literatura

1. Talijančić B.: Klinički osvrt na vrijednost liječenja PHS telekobalt terapijom, Disertacija, Rijeka, 1985.
2. Barjaktarević Čičin-Šain T.: Zbornik ortopedskog sastanka u Slavonskom Brodu, 1977., 41-53
3. Bollini V.: Min. Ortopedica, Vol. 22, No 10, 367-370
4. Katušić M., Bašić M., Kvakan D., Agbaba M. i Tamer B.: Anali Kliničke bolnice "Dr M. Stojanović" Zgb. Vol. XIII. br. 4 1974., 423-427
5. Aoren K., Strome A.; Strahlentherapie, 1979. 553-556
6. Veraguth P.: Radiol. Clin., Basel, 1970, 39, 3, 281-295
7. Jovanović M.: Jonizirajuća zračenja i životna sredina, Beograd, 1983.
8. Radiation Dosimetry, Inter. summer school on rad. prot. Cavtat, 1970.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZASTITE OD ZRAČENJA
Pula,10. - 13. lipnja 1985.

Novaković M.,Cerovac H.,Hufnus R.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb

MJERENJE VELIČINE ŽARIŠTA DIJAGNOSTIČKIH RENDGENSKIH CIJEVI

U dijagnostičkoj radiologiji veličina žarišta rendgenske cijevi ima veliki utjecaj na rezoluciju slike,konzekventno i na dozu koju prima osoba podvrgnuta rendgenskom pregledu.S aspekta zaštite pacijenata,te provjere "kvaliteta" rendgenskog uređaja trebalo bi kao jednu mjeru uključiti i provjeru veličine žarišta. Jedan od načina za provjeru veličine žarišta omogućuje uređaj s prugastim uzorkom (multiple bar pattern).

Uvod

Žarište rendgenske cijevi je površina mete (anoda) u koju udaraju elektroni emitirani s katode.Površina mete tvori kut od nekoliko stupnjeva sa smjerom u kojem izlaze rendgenske zrake iz cijevi.Promatrač iz tog smjera vidi efektivno žarište.U idealnom slučaju žarište bi trebalo biti točkasto,u stvarnosti ima konačne dimenzije.U mnogim praktičnim slučajevima,npr.uvodjenje rendgen uređaja u rad,dovoljno je jednostavno načiniti sliku žarišta ili posebnog test uzorka za određivanje dimenzija žarišta.Danas su , općenito,usvojena dva načina određivanja veličine žarišta:a) mjerenje pomoću kamere s malim otvorom (pinhole camera) i b)pomoću prugastog uzorka (multiple bar pattern).Prvi način je predložila Međunarodna komisija za radiološke jedinice i mjere (ICRU) 1963. godine,a drugi potječe od Nacionalnog udruženja proizvođača elektro uređaja SAD (NEMA) iz 1974.godine.Taj prijedlog sadrži način mjerenja i granice tolerancije za varijaciju dimenzija žarišta u odnosu na dimenzije koje specificira proizvođač.

Metod mjerenja

Za određivanje dimenzija žarišta rendgenske cijevi kod koje je postojala mogućnost primjene malog i velikog žarišta korišten je prugasti uzorak Model 07-591 Victoreen.Model 07-591 ima 15 cm visoko postolje i metalni prugasti uzorak na vrhu. Uzorak ima 11 grupa linija,svaka grupa s 6 pruga od kojih su po tri okomite na ostale iz grupe.Grupe se razlikuju po veličini od 0,6 parova linija/mm do najveće s 3,35 parova linija/mm . Pomoću slike uzorka i Tabele 1 u kojoj je specificirana rezolucija u odnosu na veličinu žarišta (u mm) može se odrediti veličina žarišta.Postolje se stavi na zubni film (Kodak DF 42),a žarište se centrira 45 cm iznad metalnog prugastog uzorka tako da središnja os rendgenskog snopa pada u središte uzorka.Veličina žarišta je mjerena kod 75 kV,5 0 mA.Filmovi su razvijeni na uobičajeni način,a zacrnjenje je regulirano korigiranjem vremena snimanja.Mjerenje gustoće je načinjeno s Dual Reference Densitometerom Victoreen Model 07-423.

Diskusija i zaključak

Grupa od tri pruge je razlučena,ako su sve tri pruge jasno vidljive na rendgenskoj slici.Ako su vidljive dvije ili četiri pruge ili je slika nejasna grupa se smatra nerazlučenom.Sve pruge u grupi moraju biti razlikovane.Malo žarište mora razlučiti više grupa,a veliko samo grupe s većim prugama.Npr.,za žarište s specificiranim dimenzijama od 2 mm,moraju biti razlučene četiri grupe pruga;a za žarište dimenzija 0,5 mm moraju biti na rendgenskoj slici uzorka razlučene sve grupe.

Za malo žarište rendgenskog uređaja koji smo ispitivali utvrđena je kvadratična forma s dimenzijama 0,6 mm (razlučivo deset grupa pruga).Za veliko žarište specificirana je kvadratična forma s dimenzijama 1,8 mm (razlučivo samo 5 grupa pruga).

Ukoliko se ovim jednostavnim postupkom odredi veličina žarišta prilikom uvođenja rendgenskog uređaja u normalan rad,

moguće je prilikom redovnih godišnjih pregleda utvrđivati promjene koje nastaju u radu rendgenskog uređaja koje su povezane s promjenama intenziteta zračenja i veličine žarišta kod istih uvjeta rada.

Tabela 1

Grupa pruga na uzorku (parova linija/mm)	Nominalna veličina žarišta (mm)
1. (0,6 pl/mm)	2,0
2. (0,7 pl/mm)	2,0
3. (0,85 pl/mm)	2,0
4. (1,0 pl/mm)	2,0
5. (1,15 pl/mm)	1,8
6. (1,4 pl/mm)	1,5
7. (1,7 pl/mm)	1,3
8. (2,o pl/mm)	1,0
9. (2,5 pl/mm)	0,8
10. (2,8 pl/mm)	0,6
11. (3,35 pl/mm)	0,6

Literatura

1. ICRU Report 10f, Methods of Evaluating Radiological Equipment and Materials, NBS Handbook 89 (1963)
2. NEMA Standards Publication No. XR5, Measurement of Dimensions of Focal Spots of Diagnostic X-Ray Tubes (1974)
3. AAPM Report No.4, Basic Quality Control in Diagnostic Radiology (1981)
4. WHO, Quality Assurance in Diagnostic Radiology, Geneva (1982).

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13.lipnja 1985.

Hebrang A., Vidaković Z., Ranogajec-Komor M., Korenika Đ., Dvornik I., Gaćina T.

Klinička bolnica "Dr O.Novosel" i Institut "Ruđer Bošković" Zagreb

IZLOŽENOST BOLESNIKA ZRAČENJU KOD RENDGENSKE DIJASKOPIJE

Sažetak. Posljednjih godina uvedene su nove metode rendgenskog pregleda želuca i debelog crijeva tehnikom dvostrukog kontrasta.Želudac ili debelo crijevo ispune se kontrastnim sredstvom i zrakom, a pomoću dijaskopije i ciljanog snimanja promatraju se pojedini dijelovi sluznice. Pregled je dugotrajniji od starije metode pregleda. Mjerili smo doze izloženosti bolesnika pod ovakvim novim uvjetima pomoću termoluminiscentnih dozimetara. Zaključili smo da doza izloženosti bolesnika nije povećana, unatoč produljenom trajanju pregleda. Nalaze objašnjavamo pomoću analize primijenjenog rendgenskog snopa.

Uvod

Razvojem i usavršavanjem rendgenskih dijagnostičkih pretraga mijenjaju se i uvjeti izloženosti bolesnika zračenju. Zato postoji potreba za dozimetrijskim mjerenjima koja će pratiti novouvedene ili izmijenjene metode pregleda. Posljednjih nekoliko godina došlo je do izmjena u tehnici pregleda želuca i debelog crijeva. Cilj je ovog ispitivanja utvrditi izloženost bolesnika kod ovih pretraga, jer one predstavljaju najčešće izvodjene rendgenske metode koje zahtijevaju dijaskopiju.

Starija metoda pregleda želuca sastojala se je u punjenju želuca kontrastnim sredstvom /barijev sulfat/. Tehnika modernog pregleda je bifazična [1,2,3]. U prvoj fazi se želudac ispuni malom količinom kontrastnog sredstva i zraka /tehnika "dvostrukog kontrasta"/, pri čemu se bolesnik dijaskopira u različitim položajima radi detaljnog pregleda svih dijelova želučane stijenke. U drugom dijelu želudac se potpuno ispuni kontrastnim sredstvom i ponovo dijaskopira.

Na sličan način izmijenila se je i tehnika pregleda debelog crijeva,

koje se danas također pregledava u dvostrukom kontrastu. Nove tehnike pregleda su dugotrajnije, pa je za očekivati veću dozu izloženosti bolesnika.

Matarijal i metode

Dozimetrijski smo mjerili izloženost 10 bolesnika sa pregledom želuca i 10 sa pregledom debelog crijeva. U svakoj skupini po 5 bolesnika je pregledano primjenom stare, a po 5 primjenom nove tehnike pregleda. Mjerenja smo obavili pomoću termoluminiscentnih dozimetara i to u predjelu oka, štitne žlijezde, gonada te u primarnom snopu. Upotrijebili smo dozimetre od magnezijevog borata, a očitavanje je izvršeno u Institutu "Ruđer Bošković" u Zagrebu [4,5]. U namjeri da ispitamo utjecaj površine upotrijebljenog rendgenskog snopa i odabranu jačinu struje grijanja katode /mA/ mjerili smo i kožnu dozu na ulasku snopa kod 4 bolesnika čija je debljina zahtijevala veći intenzitet zračenja. Kod njih smo mjerili dozu u prve 4 minute dijaskopije, a širinu snopa i jačinu struje odabrali smo kako slijedi:

1. bolesnik - širina rendgenskog snopa 10 x 10 cm, jačina struje 2,5 mA.
2. bolesnik - širina rendgenskog snopa 10 x 10 cm, jačina struje 4 mA
3. bolesnik - širina rendgenskog snopa 30 x 30 cm, jačina struje 2,5 mA i
4. bolesnik - širina rendgenskog snopa 30 x 30 cm, jačina struje 4 mA.

Rezultati

Izmjerene doze kod pregleda želuca prikazuje tablica 1. Unatoč produljenom trajanju pregleda kod nove tehnike u poređenju sa starom /sa 6,8 min na 11,5 min/ doze na leći, štitnoj žlijezdi, gonadama i na koži bolesnika nisu bitno povećane. Sličan je rezultat dozimetrije kod pregleda debelog crijeva /tablica 2/. I kod ovog pregleda je trajanje produljeno /sa 7,4 min na 9,5 min/ ali bez bitnog povećanja doze na bolesnika. Budući da rezultati nisu ispunili očekivanja, prema kojima doza kod dijaskopije raste proporcionalno produljenju vremena izloženosti, ispitali smo utjecaj širine snopa i jačine struje koje primjenjujemo kod moderne tehnike pregleda ovih organa. Ovi rezultati pokazuju /tablica 3/ da pri radu sa strujom od 2,5 mA doza zračenja opada sa smanjenjem površine snopa /bolesnici br. 1 i 3/. Kod jače struje ovakav pad doze nismo našli /bolesnici 2 i 4/. Za većinu pregledavanih bolesnika dovoljna je struja od 2,5 mA, pa u smanjenju površine rendgenskog snopa možemo naći objašnjenje za gotovo jednaku izloženost kod novije tehnike

pregleda probavnog trakta, iako je trajanje izloženosti produljeno. Kod te nove tehnike najčešće se upotrebljava sasvim uski snop zbog detaljnog pregledavanja manjih površina sluznice organa.

NAČIN PREGLEDA ŽELUCA	TRAJANJE /min/	kV	mA	D O Z E /mGy/ OKO	ŠTITNJAČA	GONADE	SNOP
STARI	6,8	80-90	2,5	0,03	0,09	0,20	14,8
NOVI	11,5	80-90	2,5	0,04	0,08	0,25	15,7

Tablica 1. Usporedni prikaz doza kod starog i novog načina pregleda želuca, trajanje dijaskopije i električni uvjeti rada cijevi

NAČIN PREGLEDA DEBELOG CRIJEVA	TRAJANJE /min/	kV	mA	D O Z E /mGy/ OKO	ŠTITNJAČA	GONADE	SNOP
STARI	7,4	90	2,5	0,03	0,06	1,88	47,53
NOVI	9,5	90	2,5	0,04	0.07	1,57	49.15

Tablica 2. Usporedni prikaz doza kod starog i novog načina pregleda debelog crijeva, trajanje dijaskopije i električni uvjeti rada cijevi

Diskusija i zaključak

Doze koje smo izmjerili u predjelu očne leće i štitne žlijezde kreću se u granicama koje nalazimo kod većine rendgenskih pregleda trbušnih organa. Gonadne doze kod pregleda debelog crijeva su veće, jer su gonade u blizini primarnog snopa. Slične doze nalazimo u literaturi, gdje se doze na gonadama kreću 0,08-0,3 mGy [6]. Trajanje izlaganja kod primjene stare metode pregleda u naših je bolesnika slično kao u starijoj literaturi [7]. Povećanje nadjene doze izloženosti nije proporcionalno produljenju trajanja dijaskopije. Objašnjenje možemo naći u primijenjenoj širini snopa, koji je kod nove metode pregleda uži i iznosi veći dio pretraga oko 10 x 10 cm [8]. Iz tablice 3 je vidljivo da se u području jakosti struje katode 2 mA doza izrazito smanjuje sa smanjenjem površine snopa.

BOLESNIK	POVRŠINA SNOPA /cm/	JAČINA STRUJE / mA/	TRAJANJE IZLAGANJA /min/	KOŽNA DOZA /mGy/
1	10 x 10	2,5	4	27,0
2	10 x 10	4	4	143,4
3	30 x 30	2,5	4	55,7
4	30 x 30	4	4	122,9

Tablica 3. Ovisnost kožne doze u primarnom snopu o površini snopa i jačini struje grijanja katode

Prema rezultatima naših ispitivanja moderne metode pregleda probavnog trakta, koje su dijagnostički znatno vrijednije od starih metoda [3,9], ne povećavaju izloženost bolesnika zračenju ukoliko se pri pregledu služimo manjom površinom rendgenskog snopa i jačinom struje katode do 2,5 mA. Treba napomenuti da se pri dozimetriji kod nove tehnike pregleda javljaju poteškoće, jer se bolesnik za vrijeme pregleda okreće u različitim smjerovima pa se i mjesto ulaska snopa u tijelo neprestano mijenja.

Abstract

During the past years there were introduced the new roentgenological methodes for the examination of the stomach and intestine. In such new "double contrast" studies these organs are filled with the contrast medium and the air. Various parts of the organs are examinated by fluoroscopy. The duration of such examination is longer than at the older standard method. We performed the dosimetry of the patient's doses at a new method of examination. The dosimetry measurements were performed with thermoluminiscence dosimetries. We concluded that the doses are not higher than at the standard methodes although the time of examination is longer. These results we explained with analyses of the roentgen beam.

Literatura

1. Cortivo P., Cozzi G., Pozzi-Micelli R.: Radiol.Med.,66 /1980/ 993
2. Op Den Ort J.: Radiology, 122 /1977/ 530.
3. Katunarić D. i sur.: Radiol.Iugosl., 18 /1984/ 1.
4. Ranogajec-Komor M., Vekić B., Dvornik I.: XI Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, /1981/, 427.
5. Vekić B. i sur.: Radiol Iugosl. 14 /1980/ 421.
6. Stanford R.W., Inst A., Vance J.: Brit.J.Radiol. 28 /1954/ 266.
7. Larsson L.: Acta Radiol., supp. 157 /1958/ 1.
8. Hebrang A. i sur.: IX simpozij Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja, /1977/ 151.
9. Kačić M. i sur.: Lij.vjes., 104 /1982/ 347.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13.jun 1985.

D. Petrović
Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

AKCIDENTNI NIVOI OZRAČIVANJA

Rezime. Autor je dao predlog nivoa ozračivanja i kontaminacije pri akcidentnim situacijama i uporedio ih sa nekim nekontrolisanim izvorima prirodne aktivnosti u našoj zemlji.

Uvod

U cilju poboljšanja radiološke zaštite u našoj zemlji, neophodno je utvrditi tačnu definiciju neželjenog dogadjaja, odnosno akcidenta. Prema normama koje postoje u svetu i tačnoj definiciji neželjenog dogadjaja-akcidenta moguće je utvrditi stepen organizovanosti radiološke zaštite i predvideti neke neočekivane dogadjaje na osnovu broja radioaktivnih izvora, vrste primene i lokalnih uslova korišćenja.

Na osnovu rešenja u Demokratskoj Republici Nemačkoj (1) dajemo predlog sistematizacije neočekivanih dogadjaja:

1.-Gubitak radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti (2)
2.- Kradja radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti
3.- Nalaženje radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti nepoznatog vlasnika
4.- Nestanak radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti
5.- Akcidenti u transportu i premeštanju radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti
6.- Oštećenje pakovanja, kontejnera
7.- Oštećenje, curenje ili nedopustive kontaminacije kod isporuke radioaktivnih materijala
8.- Nekontrolisane isporuke radioaktivnog materijala iznad odredjene aktivnosti
9.- Spoljna ili interna ekspozicija osoba (dela populacije, odnosno pojedinaca) zbog nemarnog ili pogrešnog načina rada,

požara ili drugih pratećih efekata

10.- Značajna prekoračenja od predvidjenih kontrolnih nivoa

11.- Tehnička oštećenja postupaka i zaštitne opreme

12.- Kratkotrajna spoljna ekspozicija veća od:

50 mSv (5 Rem) za celo telo
150 mSv (15 Rem) za oči
300 mSv (30 Rem) za kožu
750 mSv (75 Rem) za ruke, šake i stopala

13.- Unošenje u organizam više od 50 % godišnje dozvoljene količine

14.- Kontaminacija kože veća od:

0,37 MBq/m^2 (10^{-3} uCi/cm^2) za alfa emitere
3,7 MBq/m^2 (10^{-2} uCi/cm^2) za beta emitere
(ove vrednosti se odnose za kontaminaciju posle postupka i tretmana dekontaminacije)

15.- Kratkotrajna kontaminacija vazduha u radnom prostoru, većoj od 100 MDK

16.- Kratkotrajna emisija kontaminiranog vazduha u atmosferu veća od 10 MDK

17.- Nalaženje kontaminirane vode u kanalizaciji većoj od 1000 MDK

18.- Nalaženje kontaminirane vode u vodama veće od 10 MDK

19.- Kontaminacija površina u kontrolisanoj zoni većoj od:

0,37 MBq/m^2 (10^{-3} uCi/cm) za alfa emitere
37 MBq/m^2 (10^{-1} uCi/cm^2) za beta emitere
na površinama većim od 0,1 m^2 izvan radiohemijskih dimnjaka, boksova ili vrućih ćelija.
Kontaminacija površina u kontrolisanoj zoni na površinama manjim od 0,1 m^2, ako je rasuta aktivnost veća od:
37 kBq (1 uCi) za alfa emitere
3,7 kBq (100 uCi) za beta emitere

20.- Kontaminacija površina izvan kontrolisanih zona veća od:

3,7 kBq/m^2 (10^{-5} uCi/cm^2) za alfa emitere
37 kBq/m^2 (10^{-4} uCi/cm^2) za beta emitere
na površinama većim od 0,1 m^2.

Kontaminacija površina na površinama manjim od 0,1 m^2, ako je rasuta aktivnost veća od:

370 Bq (10^{-2} uCi) za alfa emitere
3,7 kBq (10^{-1} uCi) za beta emitere

Pošto zaposleni u radnim organizacijama nisu u stanju da procene opasnost od neočekivanog dogadjaja na odredjeni rizik, to je neophodno da svaki ovakav dogadjaj bude registrovan i zabeležen na osnovu prethodne sistematizacije. Na osnovu broja ovakvih neočekivanih dogadjaja mogu se predvidjati i neočekivani dogadjaji sa težim posledicama (3). Prema ovako prihvaćenoj sistematizaciji neočekivanog dogadjaja vrši se i planiranje dejstvovanja u hitnim slučajevima.

Na bazi statistike-broj neočekivanih dogadjaja i broj izdatih dozvola za korišćenje-mogu se proveravati:

- zaštita u radnim organizacijama,
- mere radiološke zaštite
- predvidjene mere zaštite u hitnim slučajevima

Prihvatajući predloženu sistematizaciju, ne možemo a da ne kontrolišemo brojne prirodne izvore prirodne radioaaktivnosti, kao što su veštačka djubriva na bazi superfosfata, čvrsta, tečna i gasovita goriva, kao i njihovi produkti sagorevanja.

Prema našoj proceni, detaljna merenja za sada ne postoje, u "kontrolisanim" površinama je sigurno kontaminacija iznad predloženih vrednosti, a verovatno i izvan kontrolisanih površina.

Prihvatajući predloženu sistematizaciju, možemo direktno uporedjivato broj neočekivanih dogadjaja sa brojem u drugim zemljama i direktno uporedjivati stepen organizovanosti i efiksnosti radiološke zaštite u celoj zemlji, kao i pojedinim republikama, odnosno pokrajinama.

U ovom trenutku smatramo velikim promašajem radiološke zaštite u našoj zemlji, gde je kontrola jonizacionih javljača obavezna, a kontrola sagorevanja čvrstih, tečnih i gasovitih goriva i njihovih produkata sagorevanja nije obavezna; posebno je težak slučaj sa proizvodnjom, preradom i distribucijom veštačkog djubriva na bazi superfosfata.

Abstract

Petrović D.
Institut of Occupational and Radiological Health
"Dr Dragomir Karajović", Belgrade

The author gave a proposal for levels od irradiation and contamination during accidental circumstances, as well he presented their comparasion with some sources of natural activity in our country that are not being under radiological control.

Literatura

1. W. Kraus: Testing of emergeny plans, IAEA Seminar,Ljubljana, 8-19 novembar 1982 g.
2. Službeni list SFRJ br. 27 od 1977: Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad odredjene granice aktivnosti, rentgen aparata i drugih aparata koji proizvode jonizujuća zračenja i o merama za zaštitu od zračenja tih izvora - član 2.
3. Frekvencija dogadjaja sa težim posledicama u SAD-godišnje, WASH-1400.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10- 13.06.1985

Nikezić D., Marković P., Milić A.
Prirodno Matematički fakultet, Institut za fiziku,
Kragujevac

MODELOVANJE UGLA RASEJANJA FOTONA U KOMPTONOVOM EFEKTU PRIMENOM von NEUMMAN-ovog METODA

R E Z I M E

U ovom radu je opisan računski program "UGR" za modelovanje ugla rasejanja fotona u Komptonovom efektu. Dato je poredjenje dobivenih rezultata sa teorijskim vrednostima.

1. Uvod

Komptonov efekat je jedan od najvažnijih procesa interakcije gama zračenja i materije; u intervalu energija između 0,1 i 1,5 MeV ovaj proces je dominantan. Ovaj efekat se može razmatrati kao sudar fotona i slobodnog (slabovezanog) elektrona u miru. Značaj ovog efekta je, svakako, razlog što je problemu modelovanja ugla rasejanja fotona u ovom efektu posvećeno dosta radova /1/. Pri tome su moguća dva pristupa ovom problemu; moguće je prvo modelovati ugao rasejanja fotona, a zatim izračunavati energiju rasejanog fotona (kao što je to u ovom radu slučaj) ili obrnuto /2/.

U procesu modelovanja ugla rasejanja potrebno je odredjivati totalni i diferencijalni efikasni presek rasejanja fotona u Komptonovom efektu. U ovom radu to je obavljano pomoću poznate Klajn-Nišine formule /3/.

2. Von Neumman-ov metod odbacivanja

Suština ovog metoda se sastoji u sledećem /4/: slučajna veličina ξ definisana u konačnom intervalu (a,b) ima ograničenu gustinu raspodele verovatnoće $p(x)<c$. Odaberu se dva slučajna broja ξ' i η' na sledeći način:

$$\xi' = a + R_1(b-a) \quad \text{i} \quad \eta' = cR_2 \qquad (1)$$

gde su R_1 i R_2 pseudo slučajni brojevi, ravnomerno raspoređeni u intervalu 0-1.

Slučajna veličina ξ , definisana na sledeći način

$$\xi = \xi' \quad \text{ako je} \quad \eta' < p(\xi') \qquad (2)$$

ima traženu gustinu raspodele verovatnoće p(x).

U slučaju neispunjenja uslova definisanog u jednačini (2), odbacuje se taj pokušaj odabiranja konkretne vrednosti slučajne promenljive ξ i vraća se na početak novog odabiranja. To je razlog što se ovaj metod ponekada zove metodom odbacivanja.

3. Modelovanje ugla rasejanja fotona u Komptonovom efektu

Procedura modelovanja ugla rasejanja se sastoji u sledećem: slučajna veličina koja se modeluje je ugao rasejanja i može uzeti vrednosti između 0 i π . Gustina raspodele verovatnoće je $d\sigma(\theta)/d\Omega/\sigma_t$, a njena maksimalna vrednost je 1. Odaberu se dva slučajna broja R_1 i R_2. Prvi od njih, R_1, se koristi za izračunavanje ugla θ', koji je ravnomerno raspoređen u intervalu od 0 do π, što se postiže jednačinom (3).

$$\theta' = \pi R_1 \qquad (3)$$

Sledi računanje vrednosti gustine raspodele verovatnoće p, za ugao θ' po sledećoj jednačini:

$$p = d\sigma(\theta')/d\Omega/\sigma_t \qquad (4)$$

Sledeći korak je upoređivanje drugog slučajnog broja R_2 sa p. Ako je $R_2 < p$ uzima se da je $\theta = \theta'$; u suprotnom slučaju odbacuje se ovaj pokušaj i cela procedura se ponavlja sve do odabiranja ugla rasejanja θ .

4. Program UGR

Na osnovu algoritama opisanih u tačkama 2. i 3. napravljen je računski program UGR za modelovanje ugla rasejanja fotona u Komptonovom efektu.Potprogram UGR je napisan u programskom jeziku FORTRAN IV i ovde je naveden u celini./5/.

```
      SUBROUTINE  UGR(EG,ZET,UR)
      COMMON ERAN(2),/BZL/ PI,FIO,EME
      SIGMA =COMP(EG,ZET)/ZET
    1 GAM1=RAN(ERAN(1),ERAN(2))
      GAM = RAN(ERAN(1),ERAN(2))
```

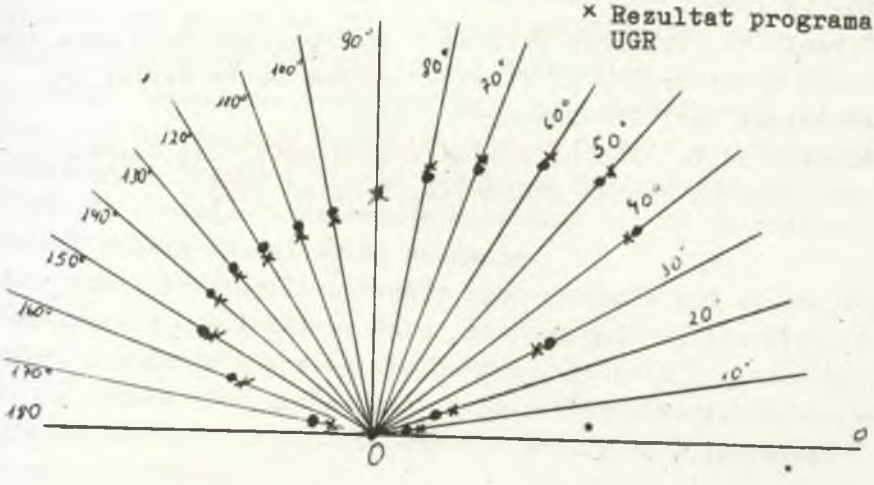
```
   TE=PI*GAM1  ; A=COS(TE) ; OB=1.-A ; C=SIN(TE)
   AL=EG/EME ;  D=1+A**2   ; E=1.+AL*OB
   SIG=3./8.*FIO*D*(1.+AL**2 * OB**2/(D*E))*C/E**2
   P=SIG/SIGMA
   IF(GAM-P) 2,1,1
 2 UR=TE
   RETURN
   END
```

Oznake u ovom programu su: EG- energija fotona, ZET- redni broj materijala rasejivača, UR- ugao rasejanja, ERAN je standardni slučajni broj, PI- Ludolfov broj, EME-energija mirovanja elektrona, FIO-konstanta potrebnaa za računanje efikasnog preseka Komptonovog rasejanja, COMP- potprogram koji računa totalni efikasni presek, (izračunata vrednost se dodeljuje promenljivoj SIGMA), GAM1 i GAM su izračunati pseudoslučajni brijevi potrebni za modelovanje ugla (igraju ulogu brojeva R_1 i R_2 u jednaačini (1)),SIG je diferencijalni efikasni presek Komptonovog rasejanja oko slučajnog ugla TE.

Rezultati računanja pomoću programa UGR su prikazani na slici 1, gde je dato i poređenje sa teorijskim rezultatima.

• Rezultat iz ref./6/

× Rezultat programa UGR



Slika-1: Poređenje rezultata programa UGR i teorijskih vrednosti

Može se zapaziti, na slici-1, dobro slaganje teorijskih vrednosti ugla rasejanja fotona i rezultata programa UGR. Uočljivo je da na velikim uglovima program UGR daje manje vrednosti verovatnoće rasejanja od teorijskih vrednosti, dok je na manjim uglovima situacija obrnuta. Ovo može biti u vezi sa osobinama korišćenog generatora slučajnih brojeva.

S U M M A R R Y

A programme for modeling of the scathering angle in Compton effect is presented. Calculations based on this model were compared with literary data and showed rather good agreement.

REFERENCE

1. Djadkin I.G., Modelirovanie slučajnoii energii gamma kvanta, rasejanog v rezultate Kompton-efekta: Žur. vičisl. matem. i matem. fiz., N° 2, 384-386
2. Koblinger L., A new energy sampling method for Monte Carlo simulation of adjoint photon transport equation, Central Research Institute for Physics, Budapest 1976
3. Morgan K.Z., Turner J.E., "Principles of Radiation protection", John Willey, New York 1967
4. Sobol'j I.M., Cislenie Metody Monte Karlo, Nauka, Moskva 1976
5. Nikezić D., Proračun fluensa i ekspozicione doze gama zračenja u zatvorenoj prostoriji metodom Monte Karlo, magistarski rad, PMF-Kragujevac 1984
6. Mlađenović M., Prolaz zračenja kroz materiju, Izdavačko informativni centar studenata, Beograd 1975

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Ranogajec-Komor M., Korenika Dž., Dvornik I., Hebrang A.* i Vidaković Z.*
Institut "Ruđer Bošković"
* Medicinski fakultet, Klinička bolnica "Dr O. Novosel"

DOZE ZRAČENJA NA BOLESNICIMA KOD RENDGENSKIH SNIMANJA

Sažetak Sa MgB_4O_7 TL dozimetrima kontrolirano je polje zračenja kod suvremenog i ispravnog rendgen aparata. U primarnom snopu uz normalne rutinske uvjete rada izmjerena doza je 10,43 mGy. Izmjerena je raspodjela doza na pacijentima kod snimanja 12 različitih dijelova tijela. U radu su prikazane doze na bolesniku u primarnom snopu, na gonadama, štitnjači i očnoj leći.

Uvod

Živimo u vrijeme porasta primjene ionizirajućeg zračenja. Poznato je[1] da u prosječnoj dozi na cijelu populaciju najveći doprinos ima prirodni background zračenja, a među izvorima umjetnog ozračenja ljudi najveći doprinos ima zračenje u medicinske svrhe (približno 30-40% od ukupnog zračenja). Medicinska rendgen dijagnostika daje 90% ukupne doze iz umjetnih izvora. Sa stanovišta zaštite od zračenja štetne posljedice koje se mogu očekivati za cijelu populaciju iste su bez obzira da li pojedinac primi veliku dozu ili se ta doza raspodjeli na veliki broj ljudi. Razumljivo je da je pri takvom odnosu stvari važno precizno poznavanje doze ozračivanja pojedinih dijelova tijela i čitavog organizma svakog pojedinca. Poznavanje doza zračenja za organe i tijelo omogućuje poduzimanje određenih mjera zaštite u cilju da se smanje ozračenja ili da se razmotri opravdanost svakog pojedinačnog snimanja.

Zato smo i pristupili mjerenju doza zračenja kod snimanja pluća, kuka, podlaktice, nadlaktice, šake, skočnog zgloba, zdjelice, potkoljenice, slabinske i vratne kralježnice, stopala i glave. Cilj rada je da pokaže doze zračenja na tijelu bolesnika izmjerene kod snimanja na modernim, s aspekta zaštite od zračenja ispravnim rendgenskim aparatima.

Eksperimentalne metode

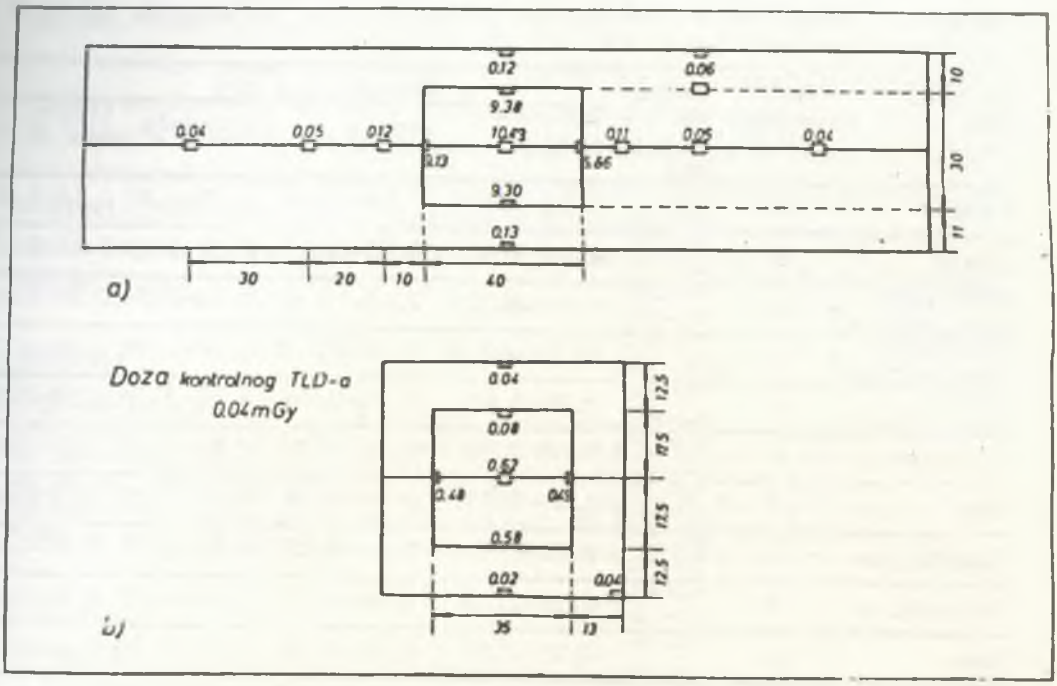
Mjerenja su izvršena na Radiološkom odjelu Bolnice "Dr O. Novosel" na rendgenskom stolu i na stojećem stativu. Uređaj je proizvod firme Siemens. Uvjeti ispitivanja rendgenskog stola su bili slijedeći: ekspozicija 200 mAs uz napon cijevi 81 kV, veličina snopa 30x40 cm (maksimalno), a udaljenost dozimetara od rendgenske cijevi 115 cm. Na stojećem stativu uvjeti su bili 125 kV i 8 mAs, dimenzije snopa 35x35 cm, a dozimetri su bili udaljeni od izvora 150 cm, jer se pluća, kao najčešća rendgenska snimka, snimaju pod tim uvjetima. Kod snimanja različitih dijelova tijela bolesnika upotrebljeni su uvjeti koji odgovaraju vrsti snimanja, težini bolesnika, vrsti filma, tj. zahtjevima koji pri rutinskom snimanju daju dobru sliku.

Mjerenja su izvršena sa TL dozimetrima MgB_4O_7:Dy (proizvod: Institut "Boris Kidrič", Beograd). MgB_4O_7:Dy je tkivu ekvivalentni dozimetar, a predviđen je za mjerenje doze u opsegu od 0.01 mGy do 10^3Gy[2]. Glavni maksimum TL javlja se kod 210°C, a dozimetar ne zahtijeva posebnu proceduru napuštanja. Energetska zavisnost dozimetara je pogodna za mjerenje doza kod niskih energija zračenja[3,4]. Dozimetri su smješteni u neproziran plastični materijal i gumeni bedž (za elektronsku ravnotežu). Svaki bedž sadrži 2 dozimetra. Prema našim ranijim ispitivanjima[5] MgB_4O_7:Dy, zbog razlike u osjetljivosti pojedinih dozimetara, zahtijeva individualnu kalibraciju. Svaki dozimetar pojedinačno je kalibriran na izvoru ^{226}Ra u opsegu doza od 0.1-2.0 mGy. Dozimetri su očitani pomoću čitača TOLEDO 654, firme "Pitman" . Da bi se smanjile greške zbog fedinga dozimetara, dozimetar se čita 1 dan nakon zračenja.

Rezultati

Rezultati mjerenja raspodjele doze na rendgenskom stolu i stojećem stativu bez bolesnika su prikazani na slici 1. Maksimalna vrijednost doze na rendgenskom stolu bez pacijenta je 10.43 mGy, a na stojećem stativu 0.62 mGy.

U tabeli 1. prikazani su rezultati izmjereni na bolesniku kod snimanja različitih dijelova tijela.



Slika 1. Raspodjela doza na rendgenskom stolu (a) i stojećem stativu (b) (uvjete snimanja vidi u tekstu). Brojčane vrijednosti uz kvadrate (▭) su doze u mGy, a vrijednosti uz strelice su udaljenosti u centimetrima.

Diskusija

TL dozimetrija postaje jedna od najčešće upotrebljavanih metoda dozimetrije u radioterapiji i dijagnostici[6,7,8] naročito kod "in vivo" mjerenja. Egzaktna dozimetrijska karakteristika TL fosfora mora biti poznata da bi se dozimetar moglo koristiti u medicini. Naša prethodna ispitivanja[4,9,10] i rezultati iz literatura[2,3,11] pokazuju da će MgB_4O_7:Dy zadovoljiti zahtjeve za kliničku primjenu, ako se pri radu primijeni individualna kalibracija, korekcija brzog fedinga i zaštita dozimetara od svjetla.

Dozimetar MgB_4O_7:Dy poslije napuštanja (annealing) i bez ozračenja pokazuje TL signal koji odgovara dozi 0.01-0.04 mGy ("kontrolni dozimetar"). Prema tome rezultati na slici 1 pokazuju da izvan snopa na stojećem stativu nema mjerljive doze. Na rendgenskom stolu 10 cm izvan snopa doza je 2 do 2.5 puta veća od "doze" kontrolnog dozimetra. Na stojećem stativu postoji razlika u rubu primarnog snopa zračenja i svjetlosnog snopa koji određuje veličinu snimanog područja. Ova razlika upućuje na to da tehnička ispravnost aparatura

Tabela 1. Raspon doze zračenja na bolesniku kod rendgenskog snimanja

Snimani dio tijela	Broj bolesnika	Napon kV struja mAs	Raspon doze mGy			
			Primarni snop	Gonade	Štitnjača	Lijevo oko
Pluća	10	125 20-35	0.59-1.64	0.02-0.04	0.08-0.20	0.03-0.06
Glava	6	66-73 80	2.19-3.25	0.05-0.07	2.17-3.18	2.12-2.78
Slabinska kralježnica*	11	70-220 85-200	4.67-26.17	0.11-15.90	0.04-0.09	0.04-0.09
Slabinska kralježnica*	8	77-102 250-320	31.04-69.51	0.14-21.12	0.14-0.28	0.08-0.17
Vratna kralježnica	6	70-80 60-80	2.29-8.63	0.01-0.04	1.95-3.78	0.58-2.79
Zdjelica	6	66-77 120-160	5.00-7.31	4.50-7.20	0.04-0.05	0.04-0.07
Kuk	7	55-73 100-160	3.64-9.57	0.37-9.28	0.02-0.09	0.02-0.09
Nadlaktica	5	46-70 10-80	0.21-3.52	0.04-0.08	0.05-0.21	0.04-0.08
Podlaktica	5	40-46 10-12	0.28-1.00	0.04-0.09	0.04-0.09	0.04-0.09
Šaka	10	35-44 6-12	0.15-0.50	0.01-0.08	0.01-0.09	0.01-0.09
Potkoljenica	10	40-52 10-12	0.20-0.96	0.03-0.06	0.03-0.06	0.02-0.06
Skočni zglob	6	12-60 8-46	0.20-0.59	0.02-0.03	0.03-0.04	0.03-0.04
Stopalo	7	35-40 0.5-12	0.12-0.48	0.03-0.04	0.03-0.04	0.03-0.04

*U prvom redu su podaci koji su dobiveni u slučaju jedne projekcije, a vrijednosti u drugom redu su rezultati dvije projekcije.

mora biti redovito kontrolirana. Doze (tabela 1.) na određenom dijelu tijela su raličite kod različitih bolesnika za istu vrstu snimanja. Doze u nekoliko slučajeva (na primjer slikanje nadlaktice) odgovaraju promjenama električnih uvjeta snimanja, a u drugim slučajevima promjena doza ovisi o volumenu snimanog tijela.

U slučaju snimanja pluća, nadlaktice, podlaktice, šake, potkoljenice, skočnog zgloba i stopala nema značajnih doza izvan snopa. Kod nekoliko snimanja pluća i nadlaktice doza na štitnjači je nešto povećana (do 0.20 mGy) zbog male udaljenosti štitne žlijezde od ruba snopa i raspršenja u tijelu. Nepažnjom pri snimanju štitna žlijezda može ovdje biti ozračena i primarnim snopom.

Kod snimanja slabinske kralježnice, kuka i zdjelice na gonadama izmjerene veće doze pokazuju da su gonade bile u primarnom snopu. Razlike naročito kod snimanja slabinske kralježnice pokazuju da su jajnici uvijek u primarnom snopu, a primarni snop ne obuhvaća testis.

Kod jednog snimanja kralježnice i kod žena i kod muškaraca gonade su bile izvan primarnog snopa. Na oku izmjerene doze su značajne kod snimanja vratne kralježnice i glave, pa bi u slučaju snimanja vratne kralježnice trebalo primijeniti zaštitna sredstva, koja ne bi ometala analizu rendgenskih slika, a smanjila bi dozu na oku.

Prikazani rezultati upućuju na potrebu provođenja povremene dozimetrijske kontrole u rendgen dijagnostici, da bi se poduzele mjere kojima bi se doza zračenja na pacijentima svela na najmanji mogući iznos.

Abstract

The radiation field of a modern X-ray diagnostic equipment was monitored by MgB_4O_7:Dy TL dosimeters. The measured dose in the primary beam at normal routine conditions was 10.43 mGy per exposure. The dose distribution on the patient during X-raying of 12 different body parts was measured. The doses in the primary beam as well as those to gonades eyes and thiroid gland are shown.

Literatura

1. Taylor F.E., Webb G.A.M.: National Radiological Prot. Board Publ. United Kingdom NRPB-R 77.
2. Prokić M.: Selected topics from the 3rd ISPRA Course, 24-28 May 1982. Report Published by the Commision of the European Communities EUR 8390 EN, str. 57.
3. Prokić M.: Nucl. Inst. Meth. 175 (1980) 83.
4. Ranogajec-Komor M., Vekić B., Dvornik I., Korenika Dž., Ruska A., Vlatković M., Švarcer V., Fazarinc F.: Radiol. Iugosl. 17 (1983) 65.
5. Ranogajec-Komor M., Szabò P.P., Vekić B., Dvornik I.: Proc. of the XI Reg. Congress of IRPA, Vienna, 20-24 Sept. 1983. str 183.
6. Lindskong B.A., Lundberg L.M.: Thermoluminescent Dosimetry (Ed. Horowitz Y.S.), CRC Press, Bola Ratan, 1984, str. 113.
7. Suntharalingam N.: Nucl. Inst. Meth. 175, (1983) 191.
8. Noal A., Alelti P., Bey J.C., Hoeffel S., Hoffstetter S., Schonmacher P.: Nucl. Inst. Meth. 175 (1983) 208.
9. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Vlatković M., Dvornik I.: Radiol. Iugosl. 15 (1981) 417.
10. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Dvornik I., Blažević M.: Radiol. Iugosl. 14 (1980) 421.
11. Driscoll C.M.H., Mundy S.J., Elliot J.M.: Rad. Prot. Dosimetry 1 (1981) 135.

XIII jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja
Pula 10. - 13. lipnja 1985

Vrtar M., Draganić B., Grgić-Markulin L.

Zavod za onkologiju i radioterapiju, KBC, Rebro, Zagreb

ZAŠTITA PLUĆA PRI OZRAČENJU CIJELOG TIJELA

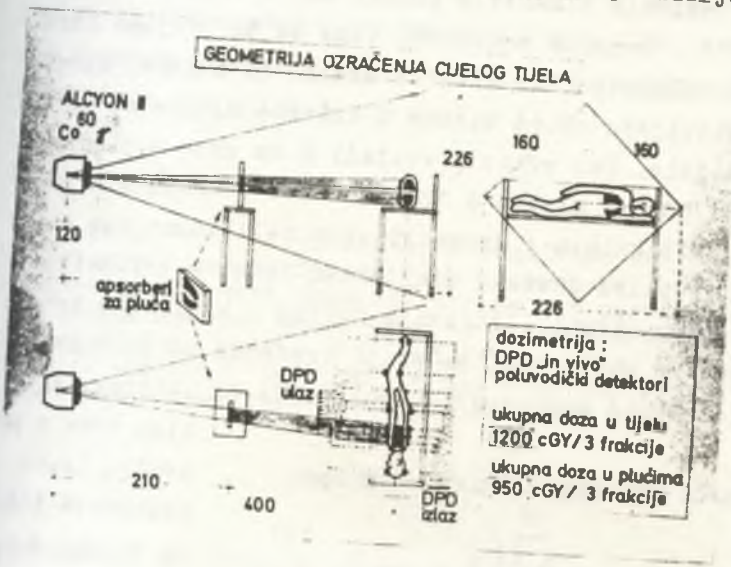
Ozračenje cijelog tijela, uvjet za transplantaciju koštane srži, provedeno je širokim Co-60 γ snopom s udaljenosti od 400 cm. Dijelom tretmana pluća se zaštićuju specijalnim apsorberom da se izbjegne iradijacioni pneumonitis. Jednokratno aplicirana doza /1 bolesnik/ u tijelu bila je 1069, u plućima 767 cGy, a frakcionirano u tri puta /prosjek za 6 bolesnika/ bila je u tijelu 1246 a u plućima 952 cGy.

Uvod

Transplantacija koštane srži, trenutno terapija izbora u liječenju leukemije[1], uvjetuje kao pripremu homogeno ozračenje cijelog tijela /total body irradiation - TBI/[2,3] visokom tumorskom dozom, koja u jednokratnom tretmanu iznosi 1000 cGy a u frakcioniranom i do 1320 cGy u 11 frakcija u toku 4 dana[4]. Glavna poteškoća pri TBI, tj. pri ozračenju velikim poljima i visokim dozama je pojava iradijacionog pneumonitisa koji predstavlja limitirajući faktor u radioterapiji. Novija istraživanja ukazuju na povezanost pneumonitisa s visinom tumorske doze i brzinom doze[5]. Tako se pri jednokratnom ozračenju smatra optimalnom doza od 800 cGy u plućima. Naš protokol definira ukupnu tumorsku dozu u tijelu od 1200 cGy a u plućima 950 cGy, apliciranu u 3 frakcije u toku 3 dana. Da se ostvare ovi zahtjevi upotrebljavaju se specijalno konstruirani apsorberi koji dijelom vremena ekspozicije zaštićuju pluća i time ograničuju dozu u plućima na željenu vrijednost.

Metoda ozračenja

Pri TBI ne mogu se koristiti konvencionalne metode jer se snopom mora obuhvatiti cijelo tijelo bolesnika, a to je moguće samo upotrebom veće udaljenosti izvor - koža /IKD/. U našem slučaju, koristeći teleterapijski $Co^{60}\gamma$ uredjaj Alcyon II, bolesnik leži na boku, pola terapije u AP položaju licem prema izvoru, a drugu polovicu u PA položaju ledjima prema izvoru, tako da je udaljenost sredine tijela i izvora 400 cm. Polje na tom mjestu je 160 x 160 cm^2, a korištenjem dijagonale veličina upotrebljivosti snopa povećava se na 226 cm. /vidi sl.1 /



slika 1

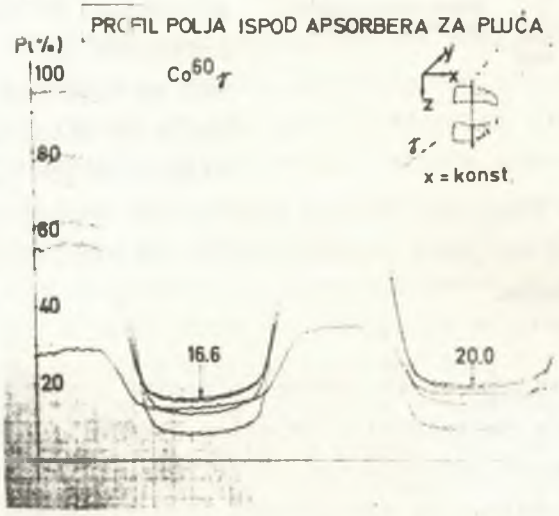
Uz prosječnu debljinu od 20 cm u AP odnosno PA položaju, na IKD = 390 cm veličina polja na ulazu u tijelo je 156 x 156 cm^2 a dijagonala 221 cm. Trenutno, brzina doze na toj udaljenosti je 7 cGy/min. Apsorberi za pluća postavljaju se na udaljenosti od 210 cm od izvora zračenja.

Apsorberi za pluća

Apsorberi za pluća izradjuju se za svakog bolesnika posebno, prema rendgenskoj snimci pluća načinjenoj u uvjetima geometrije TBI, tj. a iste udaljenosti i u istom položaju kao za vrijeme ozračenja. Snimka pluća / u AP i PA položaju / na udaljenosti izvor-film 410 cm, centralno se preslika na 230 cm tako da se pomoću specijalno konstruiranog uredjaja mogu izrezati konture pluća u 7 cm debelom stiroporu na udaljenosti od 210 cm. Legura /Bi,Pb,Sn,Cd/, topljiva na 70° C, ulivena u dobivenu konturu oformi skrućivanjem apsorber čije bočne stranice slijede oblik snopa jer geometrijski odnosi ostaju sačuvani.

Dozimetrija

Zbog posebnosti metode ozračenja TBI, standardni razradjeni sistemi dozimetrije koji se baziraju na tabličnim vrijednostima empirijskih dozimetrijskih funkcija kao i gotovim izodoznim krivuljama nisu od velike koristi. U toku priprema ,kao i pri samom ozračenju, korišten je dozimetrijski sistem koji ima detektore poluvodičkog tipa, malenih dimenzija 10x5x5 mm, u vidu 2 DPD /Direct Patient Dose/ 5 - kanalna monitora. Time se za vrijeme ozračenja prati doza u bolesnika "in vivo" u ukupno 10 točaka. Spomenuti detektori postavljaju se na ulazna i izlazna mjesta na koži, tj. ispred i iza tijela. Taj princip vrijedi i za dozu u plućima, koja je srednja vrijednost ulazne i izlazne doze pomnožena s faktorom koji ovisi o fizikalnim i geometrijskim veličinama kao što su na primjer: omjer tkivo - zrak, udaljenost izvor - bolesnik, veličina polja, razmak ulazno - izlaznih točaka , kvaliteta zračenja i drugo. Analiza polja vrši se prije tretmana na fantomu od vode RFA /Radiation Field Analyzer/. Naročito je od interesa analiza doze u području ispod apsorbera i to na raznim dubinama./ sl.2/ Primjer naveden na slici odnosi se na konkretan slučaj gdje je u području pluća AP = 25 cm. Vrijeme upotrebe apsorbera u toku TBI odredjuje se iz omjera doze u plućima i doze u abdomenu,dobivenim mjerenjima sa i bez apsorbera u toku test doze. Test doza u iznosu od 3% od ukupne doze primjenjuje se tjedan dana prije pravog ozračenja i prije nego što bolesnik ode u izolaciju.Kod proračuna faktora za pluća



slika 2

koriste se novi literaturni podaci[6].

Rezultati

Od ukupno 7 bolesnika koji su pristupili TBI do 1.3.1985, 1 je ozračen jednokratno a ostalih 6 frakcionirano u 3 dana . Doza u plućima kod jednokratno ozračenog bila je 767 cGy a pri frakcioniranom ozračenju 952 ± 47 cGy. Referentne doze u centru abdomena bile su u prvom slučaju 1050 , u ostalim 1249 ± 22, dok su srednje doze u tijelu bile 1069 odnosno 1246 ± 26 cGy . Omjer doze u plućima prema dozi u tijelu u prosjeku je bio 0.76 .

Summary

Total body irradiation, a condition for the bone marrow transplantation, was performed with a large Co - 60 beam at 400 cm distance.Lungs were shielded during the part of the treatment by the use of the special absorbers, to avoid the irradiation pneumonitis. A dose of 1069 in the body and 767 in lungs was applied in one fraction /1 patient/, and 1246 in the body and 952 in lungs in three fractions /on average for 6 patients/

Literatura

1. Thomas,E.D.,Storb R.,Clift,R.A.,Fefer,A.,Johnson,F.L.,Neiman,P.E., Lerner K.,G.,Glucksberg,H.,Buckner,C.D.,: Bone marrow transplantation. N.Engl.J.Med. 292:832-843,895-902, 1975
2. Dutreix A., Bridier A. : Total body irradiation techniques and dosimetry. Path.Biol. 27:373-378, 1979
3. Lawrence,G.,Rosenbloom,M.E.,Hickling,P. :A technique for total body irradiation in the treatment of patients with acute leukaemia. Brit.J.Radiol. 53;894-897, 1980
4. Shank,B. : Techniques of magna field irradiation. Int.J.Radiation Oncology Biol.Phys.9,No.12; 1925-1931, 1983
5. Keane,T.J.,Van Dyk,J.,Rider,W.D.; Idiopathic interstitial pneumonia following bone marrow transplantation.The relationship with total body irradiation. Int.J.Radiat.Oncol.Biol.Phys.7;1365,1981
6. Van Dyk,J.,Battista,J.J.,Rider,W.D.; Half body radiotherapy:The use of computed tomography to determine the dose to lung.Int.J. Radiat.Oncol.Biol.Phys.6,No.4;463-470, 1980

XIII jugoslavenski simpozij o zaštiti od zračenja,
Pula 10.-13.jun 1985.

Dragana Popović i Gordana Djurić*

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

MERENJE APSORBOVANE DOZE JONIZUJUĆEG ZRAČENJA U NAMIRNICAMA ŽIVOTINJSKOG POREKLA I NEKIM PROTEINSKIM ADITIVIMA

Sažetak. U radu se daju rezultati merenja apsorbovane doze jonizujućeg zračenja u namirnicama životinjskog porekla : meso,riba,mleko i mlečni proizvodi i nekim proteinskim aditivima: riblje brašno, soja.
Apsorbovana doza merena je pomoću TL dozimetara na bazi MgB_4O_7:Dy.
Rezultati merenja potvrdjuju primenljivost metode TLD za merenje niskih doza jonizujućeg zračenja u ispitivanim uzorcima.

UVOD. Jedan od problema u radijacionoj kontroli namirnica životinjskog porekla predstavlja merenje i proračun apsorbovane doze jonizujućeg zračenja, budući da danas postoje već standardne metode odredjivanja nivoa aktivnosti za date uzorke[3]. Obzirom da se u ovim merenjima u najvećem broju slučajeva radi o niskim dozama, reda veličine prirodnog fona, izbor pogodnih dozimetara je od posebnog značaja.

Danas se kao najpogodniji integralni dozimetrijski sistem za merenje doza jonizujućeg zračenja u životnoj sredini koriste termoluminiscentni (TL) dozimetri. U ovom radu razmatraju se mogućnosti primene TL dozimetara za merenje apsorbovane doze jonizujućeg zračenja u namirnicama životinjskog porekla i nekim proteinskim aditivima. Dosadašnji proračuni radijacionog opterećenja stanovništva usled konzumiranja ovih namirnica zasnovani su na merenjima aktivnosti radionuklida u ispitivanim uzorcima, a ne apsorbovane doze jonizujućeg zračenja od prisutnih radionuklida.

MATERIJAL I METODA. U radu su ispitivani uzorci namirnica životinjskog porekla (meso,riba,mleko i mlečni proizvodi) i nekih proteinskih aditiva (riblje brašno,soja). Uzorci su sakupljani metodom slučajnog izbora i mineralizovani standardnom metodom suvog spaljivanja na temperaturi do 450°C.

Apsorbovana doza merena je TL dozimetrima na bazi MgB_4O_7:Dy (IBK,Vinča)[4], na čitacu dozimetara MTLD-02(IJS). Dozimetri su u uzorke smeštani u košuljicama od fotohartije; u svakoj košuljici nalazilo se po 10 dozimetara zbog mogućih fluktuacija u osetljivosti izmedju pojedinačnih dozimetara. Dozimetri su vadjeni iz uzoraka 2h pre očitavanja tako da je fading bio zanemarljiv.

Vreme izlaganja dozimetara iznosilo je u proseku 3 meseca. Dozimetri su kalibrisani standardnim izvorom Ra-226.

REZULTATI I DISKUSIJA. Rezultati merenja apsorbovane doze jonizujućeg zračenja u namirnicama životinjskog porekla i nekim proteinskim aditivima prikazani su u Tabeli I. Dat je broj ispitivanih uzoraka, brzina apsorbovane doze $\dot{D}$ (nGy|s) obračunata na kg svežeg uzorka i koeficijent varijacije CV (%), kao mera varijacija izmedju pojedinačnih uzoraka iste vrste. Greška metode (varijacije izmedju pojedinačnih dozimetara u istom uzorku) iznosi u srednjem 20%.

TABELA I. Apsorbovana doza u namirnicama životinjskog porekla i nekim proteinskim aditivima

UZORAK	*Broj uzoraka*	$\dot{D}$ *(nGy/s)*	*CV(%)*
govedje meso	3	0,183 ± 0,152	78
juneće meso	2	0,258 ± 0,131	52
riba (oslić)	2	0,129 ± 0,027	20
mleko	9	0,069 ± 0,032	46
jogurt	8	0,078 ± 0,055	70
sir	8	0,013 ± 0,008	62
riblje brašno	3	0,800 ± 0,212	27
soja	2	0,980 ± 0,220	22

Rezultati merenja pokazuju da je brzina apsorbovane doze najveća u proteinskim aditivima, zatim slede meso i riba i najzad mleko i mlečni proizvodi. Pri tome je vrednost brzine apsorbovane doze izmerena u mleku i mlečnim proizvodima za čitav red veličine manja od vrednosti izmerene u mesu i ribi, a skoro za dva reda veličine manja od vrednosti brzine apsorbovane doze izmerene u proteinskim aditivima.

U okviru iste grupe uzoraka, brzina apsorbovane doze se

nalazi u relativno uskim granicama : 0,980-0,800 nGy/s za aditive, 0,013-0,078 nGy/s za mleko i mlečne proizvode i 0,129 - 0,258 nGy|s za meso i ribu.

Vrednosti CV : 46-78% ukazuju na postojanje značajnih razlika izmedju pojedinačnih uzoraka iste vrste, što je posledica uticaja lokacije i tehnologije prerade uzoraka; ovo je posebno istaknuto kod mesa, mleka i mlečnih proizvoda. Vrednosti CV za ribu i aditive, koje su u granicama greške metode (20-27%)ukazuju da se radi o uzorcima sa iste ili bliskih lokacija.

ZAKLJUČAK. Rezultati merenja apsorbovane doze jonizujućeg zračenja u namirnicama životinjskog porekla i nekim proteinskim aditivima potvrdjuju primenljivost metode TLD za merenje malih doza zračenja u uzorcima ove vrste. Razlike izmedju pojedinih uzoraka ukazuju na zavisnost brzine apsorbovane doze od vrste uzorka, odnosno hemijskog sastava, lokacije i tehnologije prerade.

Abstract. The results of absorbed dose measurements in food of animal origin (meat, fish, milk and dairy products) and some protein adittives (fish flour, soya) are presented.

Measurements were performed with "air or tissue equivalent" dosimeters based on MgB_4O_7:Dy.

Literatura

1. Oberhofer,M.&Scharmann,A.(1981) Applied Thermoluminiscence Dosimetry, A.Hilger Ltd, Bristol, UK.
2. Popović,D.,Djurić,G.,Petrović,B. (1984) Measurements of absorbed doses in food by TLD, XV Ann.ESNA Meet.,Piacenca.
3. Popović,D.,Djurić,G.,Petrović,B. (1984) Radijaciona kontrola namirnica animalnog porekla, Zbornik radova XIII seminara za inovaciju znanja veterinarskih kadrova,Beograd,244-49.
4. Prokić,M.(1979) Osobine TL dozimetara koji se proizvode u IBK,Vinča,Zbornik radova X simp.JDZZ,Arandjelovac,247-54.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula,10 - 13.juni.1985

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

SMANJENJE OZRAČENOSTI PACIJENATA I PROFESIONALACA PRIMENOM VISOKO OSETLJIVIH FILMOVA U RŠ DIJAGNOSTICI

Rezime

Ovaj rad je deo široko započetog programa merenja pacijentnih i profesionalnih doza zračenja u RŠ dijagnostici,kako sa standardnim kondicijama uz upotrebu klasičnih radioloških filmova,tako i pri značajno umanjenim,uz korišćenje superosetljivih sistema.Potvrdjeno je višestruko smanjenje primljenih doza zračenja izloženih osoba u drugom slučaju,uz isti kvalitet slike.

Uvod

U ukupnom ozračenju savremenog čoveka od veštačkih izvora jonizujućih zračenja daleko najveći deo zauzima medicinska primena istih,i to procentom,koji,po podacima iz 1973 godine nije manji od 90.Iako u nas još nema dovoljno kvalitetne analize ozračenosti stanovništva medicinskim izvorima zračenja,prvo mesto ubedljivo zauzima RŠ dijagnostika.Mada još uvek nezamenljiva,RŠ dijagnostika je,kao visoko agresivna metoda koja šteti ljudskom organizmu, sve manje poželjna u konkurenciji sa ultra zvukom i nuklearnom magnetskom rezonancom.

Kao rezultat istraživanja u poslednjih desetak godina,savremena tehnologija je ponudila tržištu novu klasu ultra senzitivnih radioloških filmova u kombinaciji sa odgovarajućim fosforescentnim folijama i emulzijama,na bazi retkih zemalja.Iako ne jedina,najvažnija dobra osobina ovakvih sistema je:postizanje istog kvaliteta slike radiograma,uz višestruko smanjenje kondicija na RŠ aparatu,pa time i stepena ozračenosti,kako pacijenata,tako i medicinskog osoblja.Ovom primenom primljena doza zračenja može biti redukovana i do 10 puta u odnosu na korišćenje klasičnog radiološkog filma.

Sledeći princip minimalnog ozračivanja i vršeći balans izmedju korisnih i štetnih faktora,upotreba visoko osetljivih sistema filma i fosforescentne folije konačno će razbiti višegodišnji kompromis izmedju doze ozračenja i kvaliteta slike. Veliko smanjenje ozračenosti može metodu RŠ dijagnostike u velikom broju slučajeva učiniti skoro bezopasnom.

Cilj ovog izlaganja je da prezentira rezultate merenja primljenih doza zračenja u oba konkurentna slučaja i da njihovom analizom ukaže na potrebu što skorijeg prelaska na novi,visoko osetljivi sistem radioloških filmova.

Opšti podaci i uslovi merenja

Merenja su izvršena na RŠ-aparatu tipa SELENOS 4,proizvodnje EI Niš,koji se nalazi u RŠ kabinetu,na I spratu Specijalne ortopedsko hirurške bolnice "Banjica" u Beogradu.

Merenja su vršena sledećim mernim tehnikama:

1.Integralni sistem termoluminescentnih dozimetara (TLD) visoke osetljivosti,sa kompjuterskom obradom izlaznih rezultata,proizvodnje IBK Vinča.

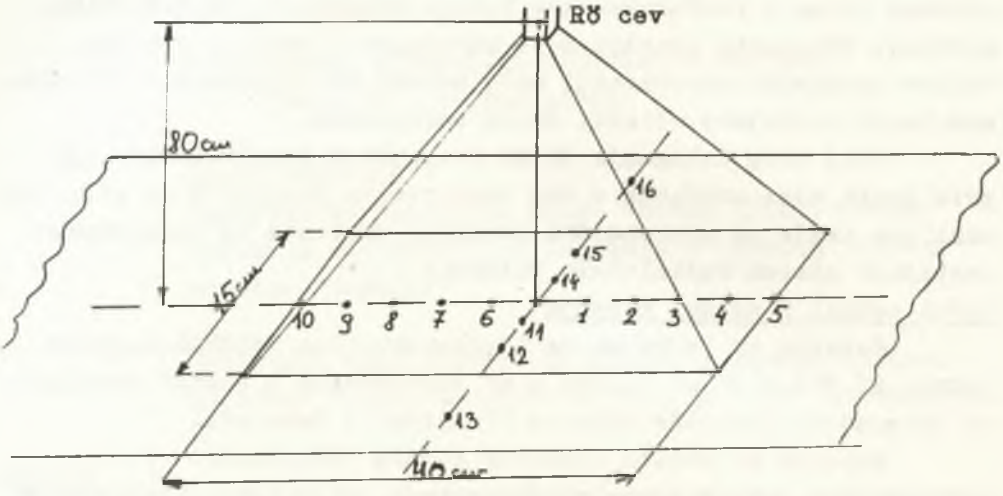
2.Za proveru pojedinih vrednosti na licu mesta u cilju dobijanja grube predstave o radijacionom polju koje je mereno,poslužila je tkivnoekvivalentna jonizaciona komora "Babyline 31",tip E 433,sa debljinom zida od 3.07 kg/m^2,proizvodnje "Nardeux",France.Visina komore iznosila je 20 cm iznad površine "buki" stola,odnosno 60 ispod visine RŠ cevi.Merenja su vršena u direktnom snopu,neposredno ispod RŠ cevi i na granici direktnog snopa,pri otvoru blende od 40 cm x 15 cm.

Merenja su vršena dva puta u istim mernim tačkama,a pri smanjenim i standardnim kondicijama na RŠ-aparatu u slučaju grafije torokalnog dela kičme:

1. U = 70 kV, I·t = 100 mAs , t = 0.6 s ,uz korišćenje standardnog radiološkog filma,i
2. U = 70 kV, I·t = 20 mAs , t = 0.12 s ,uz korišćenje super osetljivog 3M TRIMAX sistema sa XM filmom i TRIMAX 16 fosforescentnom folijom,koji koristi Gd_2O_2S (gadolinijum oksilsulfid) kao novi fosforescentni materijal za pojačanje eksponiranja filma.O oba gornja slučaja dobijen je isti kvalitet slike.

Raspored mernih tačaka i geometrija merenja dati su na slici 1.Sistem od 2 puta po 16 TL dozimetara postavljen je na površinu "buki" stola,u iste merne tačke,simetrično resporedjene

u odnosu na podnožje centra direktnog snopa.



Sl. 1. Geometrija merenja i raspored mernih tačaka

Rezultati merenja

U Tabeli 1. prikazani rezultati merenja u mernim tačkama sa slike 1.,i to,za standardne kondicije (I. merenje),a takodje i za smanjene kondicije na Rö cevi (II. merenje).Takodje su data rastojanja pojedinih mernih tačaka od podnožja direktnog snopa,kao i faktor redukcije doza kao količnik mernih vrednosti I. i II. merenja.

Date su vrednosti apsorbovanih doza zračenja za vazduh po jednoj ekspoziciji,u jedinicama mGy po jednoj grafiji.

TABELA 1.

R.br.	Rastojanje merne tačke od centra snopa (cm)	I.merenje U=70 kV I.t=100 mAs t=0.6 s (mGy/eksp.)	II.merenje U=70 kV I.t=20 mAs t=0.12 s (mGy/eksp.)	Faktor redukcije (I/II)
1.	3.5	9.0	1.4	6.4
2.	7	8.8	1.9	4.6
3.	10.5	10.1	2	5.5
4.	14	8.4	1.7	4.9
5.	17.5	9.3	1.6	5.8
6.	3.5	4.8	1.2	4
7.	7	6.7	1.6	4.2
8.	10.5	6.3	1.5	4.2
9.	14	6.2	1.3	4.8
10.	17.5	4.2	1	4.2
11.	1	7.0	1.45	4.8
12.	7	9.6	1.95	4.9
13.	30	0.04	0.009	4.5
14.	1	10.0	1.75	5.7
15.	7	2.5	0.5	5
16.	30	0.04	0.008	5

Prosečna vrednost faktora redukcije iz tabele iznosi oko 5. Kod merenja jonizacionom komorom odnos doza zračenja po jednoj grafiji za više mernih tačaka iznosio je od 4.9 do 5.2 što odgovara vrednostima iz tabele 1.

Zaključak

U drugoj grupi merenja,uz korišćenje super osetljivog TRIMAX sistema filma i folije,snimanje je vršeno sa 5 puta manje predatih mAs,odnosno za 5 puta kraće vreme.Dobijen je isti kvalitet slike,kao i u prvom slučaju sa visokim kondicijama koje idu uz korišćenje standardnog radiološkog filma.
Pritom su pacijentne doze umanjene za faktor koji iznosi oko 5.

Upotreba visoko osetljivog sistema filma i folije donosi sledeće koristi:

1.Višestruko smanjenje primljene doze,kako pacijenata,tako i medicinskog osoblja - profesionalaca.Ovim se značajno smanjuje globalno ozračenje stanovništva,a time i radijacioni rizik,a RĐ'dijagnostiku čini prihvatljivom,naročito u slučajevima uzastopnih serijskih snimanja kod raznih angiografija,u pedijatriji,dijagnosticiranju trudnica i drugo.
2.Produžava vek RĐ cevi,što može doneti ekonomske uštede.
3.Znatno pojeftinjuje materijalna ulaganja u izvodjenju i opremanju RĐ kabineta,zbog znatno smanjenih zahteva zaštite od zračenja i ušteda u materijalu koji služi kao zaštita od x zračenja, kao što su:olovo,olovno staklo,betoni i drugo.

Abstract

This paper presens the part of the broad organized measurements system to obtain the patient and professional absorbed dosis in the RĐ diagnostic method.It confirms the manifold reduction of the absorbed dosis using the super sensitive radiological film and screen system in relation to the standard radiological film.

L I T E R A T U R A

1.ICRP,Publication 9,Pergamon Press,London 1966.
2.R.E.Alexander,DRAFT - Instruction in radiation risk calculation,1982.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZASTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

MOGUĆNOSTI PRIMENE PERSONALNOG RAČUNARA ZA EVIDENCIJU I OBRADU PODATAKA LIČNE DOZIMETRIJE

REZIME U ovom radu razmatrane su karakteristike personalnog računara " COMMODORE 64 " i mogućnosti njegove primene za vodjenje evidencije i obrade podataka lične dozimetrije. Dat je blok dijagram toka obrade podataka lične dozimetrije za 3500 lica koja profesionalno rade sa izvorima zračenja.

Uvod

Laboratorija za ličnu dozimetriju i kontrolu izvora zračenja Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu " Dr Dragomir Karajović " iz Beograda ima pod svojom kontrolom oko 3500 lica koja profesionalno rade sa izvorima. Za godinu dana izloženost zračenju ovih lica karakteriše najmanje 42000 podataka lične dozimetrije. U tom periodu potrebno je dati više tekućih izveštaja o ličnim dozama, a prilikom sistematskih pregleda i izveštaje o ukupnoj dozi za svako lice.
Pored toga postoji obaveza trajne evidencije o ličnim dozama kao i potreba korišćenja ovih podataka u proceni kolektivne doze.
Personalni računar " COMMODORE 64 " sa odgovarajućom periferijom zadovoljava osnovne uslove za organizaciju podataka za navedeni obim lične dozimetrije.
Postoji mogućnost da se lična TL dozimetrija sa čitačem "PITMAN TOLEDO 654" automatizuje (1). Za ovu mogućnost laboratorijske interface primene poželjno je koristiti interpretatorski jezik FORTH, koji je zasnovan na rečniku osnovnih " reči " kodiranih u mašinskom kodu i stoga je izvršavanje ovih reči vrlo brzo (2).

Opis i karakteristike sistema " COMMODORE 64 "

Commodore 64 baziran je na 8-bitnom mikroprocesoru 6510 koji predstavlja usavršenu verziju procesora 6502. Poseduje 20K ROM i 64K RAM memorije od koje je dostupno korisniku samo 40K, ako koristi basic interpretater (3).

Commodore 64 koristi klasičnu varijantu " BASIC 2,0 " i njegovu usavršenu verziju " SIMON'S BASIC ".

Kao memorijske jedinice u ovom sistemu upotrebljavaju se:

a) automatski kasetofon DATA 1531 koji nije pogodan za poslove navedenog obima, i

b) FLOPPY DISK VIC 1541 je jednostruki disk, koji na jednoj disketi ima 170K i do 144 programa. Diskete su standardne veličine 5,25".

Matrični štampač MPS 802 ima zadovoljavajući set znakova i brzinu štampanja od 65 znakova u sekundi. Koristi sve vrste papira formata do A4 koji može da bude perforiran, ali i ne mora. Za kucanje koristi originalnu traku commodore-ove proizvodnje.

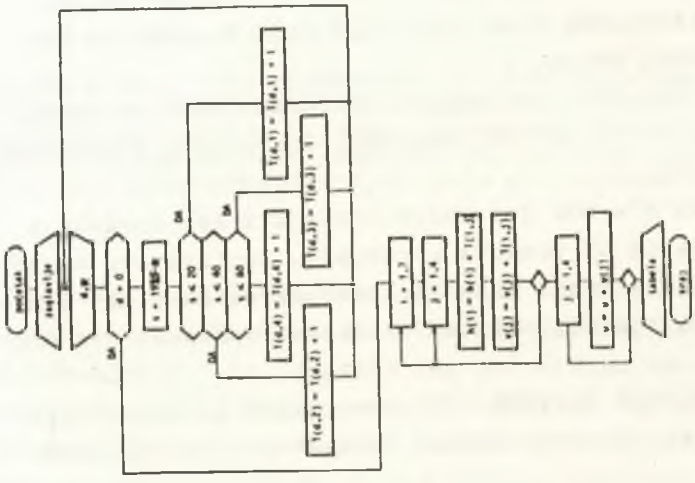
Cetvorobojni PRINTER PLOTTER 1520 predvidjen je za crtanje grafičkih prikaza. Koristi vodene flomastere i hartiju širine 11,4 cm.

•asic interpretater " SIMON'S BASIC " kod ovog personalnog računara omogućava da se dosta lako vrši strukturno programiranje.

U našoj laboratoriji za Commodore 64 koriste se programi " COMMODORE ELECTRONICS Ltd AND ANAGRAM SYSTEMS ", koji imaju karakteristike profesionalnih programa. Za naše svrhe iz programskog seta proizvodjača posebno su pogodni tekst procesor EASY SCRIPT i datoteka SUPER BASE koji su pisani u mašinskom jeziku.Sa programima EASY FILE i EASY STOCK može se vršiti unakrsno računanje i statistička obrada podataka. Ovo je naročito značajno kod procene ozračivanja stanovništva zbog primene izvora zračenja u medicini. Kod ove obrade problem je sporost rada FLOPPY DISK-a i štampača u rednoj vezi sa COMMODORE-om 64. Rešenje ovog problema je zamena FLOPPY DISK-a sa COMMODORE MDS FLOPPY DISK-om koji je brži od VIC 1541, ili nabavkom programa za ubrzavanje ovog FLOPPY DISK-a (1541 Express Catrige).

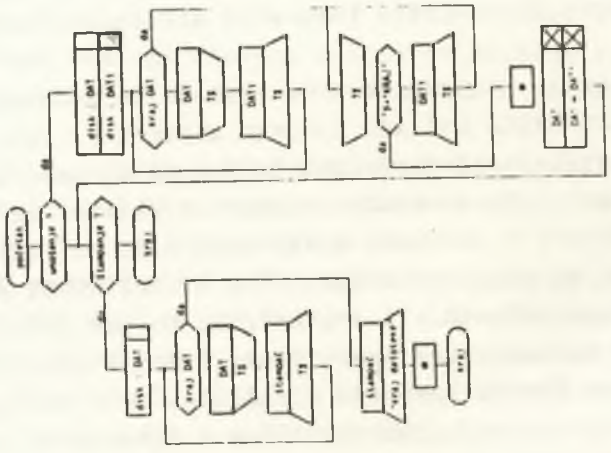
Dijagrami toka obrade podataka lične dozimetrije

Obrada podataka u svrhu vodjenja evidencije o ličnim dozama i izrade izveštaja korisnicima može da se realizuje po dijagramu toka datom na sl.1. Isto tako statistička obrada podataka lične dozimetrije može da se realizuje po dijagramu toka prikazanom na sl. 2.



Sl. 2

R - Godina rođenja
S - Starost
d - Pol



Sl. 1

Zaključak

Iako se za COMMODORE 64 više može reći da je kućni, a ne personalni računar on predstavlja evidentno poboljšanje rada u ovoj oblasti, kako u brzini tako i u kvalitetu. Njegova primena može biti raznovrsna što se ogleda u velikombroju operacija koje se obavljaju u ličnoj dozimetriji. Više pažnje bi trebalo posvetiti razvoju hardware-a i software-a prilagodjenog ovoj oblasti.

Summary

APPLICATION POSIBILITIES OF PERSONAL COMPUTER FOR PERSONAL DOSIMETRY EVIDANCE AND MANIPULATION OF DATA

In this paper characteristics of personal computer " COMMODORE 64 " are discussed and posibilites of its application for taking evidance and manupulating with data of personal dosimetry. The block scheme of manupulating data is given for 3500 personals that professionally work with sources of radiation.

Literatura

1. Mirjana Prokić,dr.: Tehnika, No. 4, str. 533, 1983.
2. Braithwaite A.,dr.: European Spectroscopy News, No. 51, p. 24, Dec.1983/Jan.1984.
3. Heilborn J., Talbott R.: A Guide to the Commodore 64 Computer.
4. Darrel R. Fisher, Robert T. Hadley : Health Physics, vol. 46, p. 1, 1984.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

ŠIRINA OZRAČENOG POLJA NA MESTU KONTAKTA TUBUSA SA KOŽOM PACIJENTA PRI SNIMANJU ZUBA RENDGEN APARATOM DENT

REZIME Veličinu i oblik ozračenog polja pri snimanju zuba odredili smo termoluminescentnim dozimetrima za postojeći plastični tubus konusnog oblika i metalni cilindrični tubus dužine 10 cm.

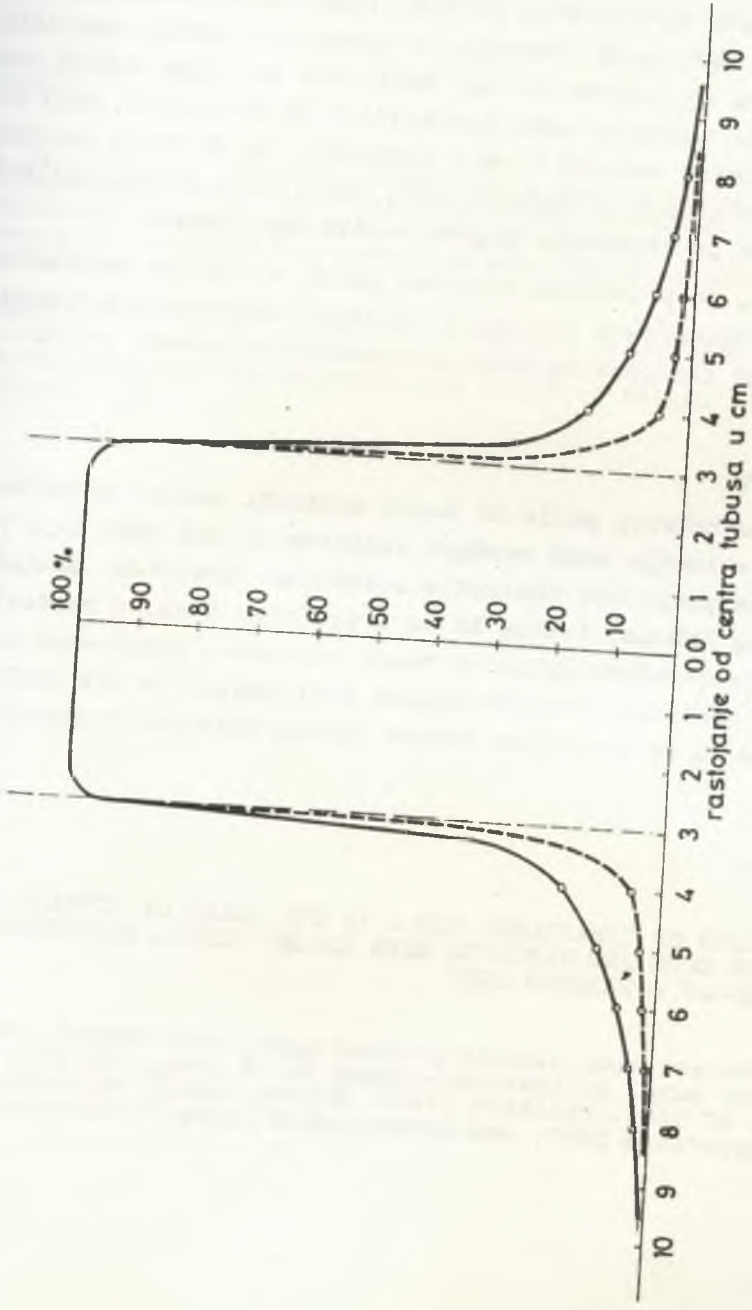
Širina ozračenog polja u prvom slučaju nije bila veća od 6,3 cm u prečniku, a u drugom od 5 cm u prečniku. Primenom cilindričnog tubusa smanjena je ne samo širina ozračenog polja već i gonadna doza za 79%.

Osnovne karakteristike rendgen aparata, koji se koristi za snimanje zuba, jesu visoki napon i struja snimanja kao i širina ozračenog polja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta. Prema zakonskim propisima koji regulišu ovu oblast primene izvora zračenja u medicini, širina ozračenog polja na mestu kontakta ne sme biti veća od 6 cm u prečniku./1/.

Odredjivanje širine ozračenog polja u ranijim ispitivanjima vršili smo na dva načina./2/. U slučaju kada nismo imali nameru da podatak sačuvamo koristili smo fluorescentnu foliju formata 18 x 24 cm. U drugom slučaju koristili smo film, tako da smo dobili ne samo podatak o veličini polja, već i uvid u karakter ozračene bliže i dalje okoline centralnog polja.
Merenja, koja su bila izvršena na 50 rendgen aparata za snimanje zuba domaće proizvodnje EI Niš, DENT, pokazala su da širina ozračenog polja kod ovih rendgen aparata nije veća od 6,3 cm u prečniku. Ukoliko se umesto plastičnog konusnog tubusa, koji se još uvek koristi na ovim rendgen aparatima, upotrebi metalni cilindrični tubus, dužine 10 cm i prečnika 5 cm, širina ozračenog polja na mestu kontakta neće biti veća od 5 cm u prečniku.

CRTEŽ BROJ 8

ŠIRINA OZRAČENOG POLJA NA MESTU KONTAKTA ZA KONUSNI I CILINDRIČNI TUBUS



Poređ toga znatno manjim dozama zračenja biće ozračena i okolina centralnog polja.
Ponovna merenja obavljena su na 10 rendgen aparata za snimanje zuba, domaće proizvodnje EI Niš, DENT, termoluminescentnim dozimetrima MgB_4O_7:Dy. Merenja su potvrdila ranije rezultate. Merenja su sprovedena na taj način što su ispod tubusa rendgen aparata za snimanje zuba postavljeni TL dozimetri, koji su pokrivali površinu veću od 6 cm u prečniku, pa je zatim izvršeno njihovo ozračivanje u trajanju od 1 sec. Dalja obrada dozimetara obavljena je na čitaču ToLeDo, model 654 Pitman.

Na crtežu je prikazano ozračeno polje u slučaju standardnog konusnog tubusa/puna linija/ i cilindričnog metalnog tubusa /isprekidana linija/, za čiju se upotrebu zalažemo.

Zaključak

Širina ozračenog polja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta pri snimanju zuba rendgen aparatom EI Niš DENT nije veća od veličine propisane zakonskim odredbama. Medjutim, korišćenjem metalnog tubusa, dužine 10 cm i prečnika 5 cm, u znatnoj meri se smanjuje ozračeno polje na mestu kontakta, ozračenost gonada za 79% i ozračenost ostalih organa pacijenata. Iz tih razloga zalažemo se da se postojeći tubusi zamene metalnim cilindričnim tubusima.

Summary

THE WIDTH OF IRRADIATED FIELD IN THE PLACE OF CONTACT BETWEEN POINTER CONE AND PATIENTS SKIN DURING DENTAL RADIOGRAPHY WITH X-RAY APPARATUS DENT

For the existing plastic pointer cone, cone-shaped, and metallic pointer cone, cylindrical-shaped 10 cm long, the size and the shape of the irradiated field, during dental radiography with the apparatus DENT, was determinated using TL dosimeters.

The widths of the irradiated fields are up to 6,3 cm and 5 cm respectiely.

With the use of cylindrical-shaped pointer cone, not only that the width of the irradiated field can be decreased in the place of contact but also the gonade dose can be decreased for 79%.

Literatura

1. Sl.list SFRJ br. 27/1977, Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad odredjene granice aktivnosti, rendgen aparata i drugih aparata koji proizvode jonizujuća zračenja i o merama za zaštitu od zračenja tih izvora.

2. Tomašević M.: Opšta i lokalna ozračenost pacijenata i njihova zaštita pri stomatološkoj rendgendijagnostici. Magistarski rad, Farmaceutsko-biokemijski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1971.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Šmelcerović M.
Radosavljević Ž.
Stojanović M.P.

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

JEDAN SAVREMENI MODEL INTERAKCIJE ELEKTRONA SA MATERIJALOM

Sadržaj

Za potrebe izračunavanja u dozimetriji i spektrometriji radioaktivnog zračenja potrebno je imati vrlo kvalitetan model interakcije zračenja i materijala. Većina u svetu primenjivanih modela interakcije beta zračenja i materijala ne može se primeniti u spektrometrijskim proračunima zbog nedovoljnog kvaliteta fizičkog modela interakcije. U radu su opisane bitne karakteristike modela interakcije koji se može primeniti i u izračunavanjima odzivne funkcije detektora zračenja.

Karakteristike modela interakcije

Postoje tri dominantne vrste gubitka energije elektrona pri interakciji sa materijalom:

- gubitak energije pri jonizaciji i eksitaciji atoma i molekula mete;
- gubitak energije zakočnim zračenjem i
- gubitak energije proizvodjenjem δ elektrona. (vidi sliku)

Postojeća tehnologija računara ne dozvoljava primenu modela interakcije kod koga bi bio analiziran veliki broj interakcija sa pojedinačnim atomima mete. Iz tog razloga gubitak energije u procesima jonizacije i eksitacije tretira se po teoriji grupnog sudara. |2,3,4,10|. Polazni parametri kod razmatranja jedne grupe dogadjaja su 3 prostorne kordinate, energija elektrona, dva ugla izmedju koordinatnog sistema mete i vektora impulsa upadnog elektrona, kao i karakteristike materijala mete. Posle "grupnog" sudara elektron ima manju energiju za iznos ΔE i ima izmenjenu orijentaciju impulsa. Verovatni gubitak energije ΔE predstavlja očekivanu vrednost gubitka energije za realizacije koje se

ponašaju prema statističkim zakonima u skladu sa teorijama Landaua |4| odnosno Blanck-Leisegang-a |3|. Poredjenje rezultata izračunavanja sa eksperimentalnim rezultatima, dalo je osnov, da se zaključi neophodnost izmene izvornih funkcija verovatnoće gubitka energije radi usaglašavanja spektara deponovane energije u tankom detektoru. Specifičnim načinom kombinovanja pomenute dve funkcije gustine verovatnoće gubitaka energije dobijeno je zadovoljavajuće slaganje modela i eksperimentalnih rezultata.

Za promenu pravca vektora impulsa posle grupnog sudara mogu se, od niza postojećih teorija, uspešno primeniti Molierova |12| i Goudsmit-Sanderson-ova teorija |2|. Druga od pomenutih teorija jedina daje primenjive rezultate izračunavanja, ako se model interakcije koristi za izračunavanje funkcije odgovora detektora zračenja, medjutim zahteva vrlo tačno i dugotrajno izračunavanje. Uobičajeno je da se elektroni prate od početne energije do 10 ÷ 50 keV što je uslovljeno nepoznavanjem dovoljno tačnih modela gubitaka energije pri niskim energijama elektrona. U modelu koji se opisuje donja granica energije elektrona je funkcija Z materijala mete.

U ovom modelu je usvojeno da srednji gubitak energije u grupnom sudaru ΔE, zavisi od energije elektrona i rednog broja elementa materijala mete.|1|

Verovatnoća stvaranja δ-elektrona i fotona zakočnog zračenja srazmerna je srednjem gubitku energije u grupnom sudaru. Usvojeno je da se verovatnoća stvaranja δ-elektrona izračunava po modifikovanoj teoriji Möller-a |13| a posle stvaranja δ elektroni se tretiraju na isti način kao i primarni. Zakočno zračenje je obradjeno shodno teorijama objedinjeno opisanim u radu Koh-Motz-a |5|. Za materijale sa malim Z i pod uslovom da je debljina mete za bar red veličine manja od dometa elektrona u materijalu mete, može se izostaviti analiza interakcije zakočnim zračenjem uz greške manje od nekoliko procenata (deponovane energije). Dužni smo napomenuti da,kod izračunavanja interacije u grupnom sudaru, nije uzeto u obzir elastično rasejavanje na vezanim elektronima čime se može tumačiti greška od nekoliko procenata deponovane energije u piku totalne apsorpcije kod poluprovodničkog detektora. Poredjenje metoda raznih autora dato je u tabeli.

PROGRAM ZA STATISTIČKO IZRAČUNAVANJE PARAMETARA INTERAKCIJE

Funkcije verovatnoće pojedinih parametara interakcija su poznate (sa odredjenom tačnošću). Znači bilo bi moguće izdeliti oblasti promenljivih i izvršiti numerička izračunavanja do gubitka energije elektrona. Uzimajući u obzir da je prostor stanja kod grupnog sudara 6-dimenzioni, a kod stvaranja

o elektrona i fotona 12-to dimenzioni, jasno je da bi, pri podeli oblasti promenljive na samo 100 delova, bilo potrebno izračunati i do 10^{40} veličina. Kako je kod savremenih računara vreme potrebno za izračunavanje pojedine jednačine 10^{-4}s, sledi da bi za ovakvo izračunavanje bilo potrebno $\sim 10^{28}$ godina! Zbog toga je jedino moguće primeniti model inerakcije u statističkom izračunavanju tzv. metodom Monte Karlo|1,7,8,9,10|.

Na osnovu opisanog modela interakcije razvijeni su računarski programi za izračunavanje funkcije odgovora detektora za elektrone energija od 0,01 do 4 MeV. Specifičnost ovih programa je u izračunavanju interakcije u dva koraka, pri čemu se u prvom koraku za odredjeni materijal izračunavaju matrice interakcije. U drugom koraku se za zadanu geometriju mete i konfiguraciju polja β zračenja izračunava funkcija odgovora detektora, distribucija deponovane energije, karakteristike polja zračenja posle interakcije sa metom, ili bilo koja druga veličina interakcije. Koliko je autorima poznato ovakav metod izračunavanja nije do sada korišćen, a pruža veliku fleksibilnost i ekonomičnost rada.

Programi "MATRICE" i "ELBRZI" su radjeni u "FORTRAN IV" jeziku za računar CDC 3600. Autori su se uverili da za izračunavanje Goudsmit-Sanderson-ove raspodele računar mora imati reč dužine bar 80 BIT-a (double precision), jer se inače dobijaju divergentni rezultati izračunavanja.

Zaključak

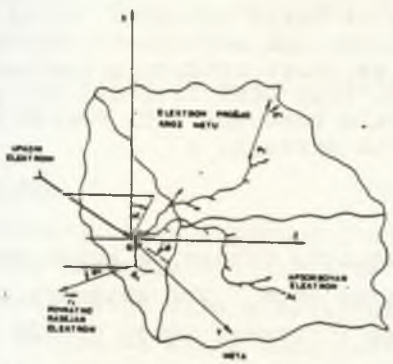
Razvijen je model interakcije elektrona sa materijalom mete. Korišćene su najkorektnije teorije za modeliranje grupnog sudara. Slaganje sa eksperimentalnim rezultatima je poboljšano izmenom pojedinih efikasnih preseka interakcije. Opisani model može se, za razliku od većine postojećih, primeniti u spektrometriji sa posebno kvalitetnim rezultatima u nalaženju funkcije odgovora detektora zračenja.

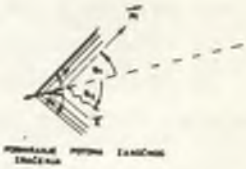
Abstract

Fot the purpose of calculations in dosemetry and spectrometry of radioactiv radiation it is necessary to have high quality model of interaction between β radiation and materials. In paper are described most important characteristics of interaction model which can be used in response function calculation of radiation detector.

Tabela

Autor	Gubitak energije jonizacijom i ekscitacijom	Delta elektroni	Zakočno zračenje	Ugaona raspodela	Geometrija	Minimalna energija elektrona
Baranov i drugi[6]	kontinuiran	-	-	Moliere	jednodimenzionalna	50 KeV
Baranov[7]	$\overline{\Delta E}=0,07E$, Landau ($\lambda_M=100$)	da, $\varepsilon_c=?$	-	Moliere	trodimenzionalna	50 KeV
Akerman i drugi[8]	$E=kE$; Simon $k=f(E)$	da, Möller	$\overline{\Delta E}_x$	Goudsmit-Sanderson	jednodimenzionalna sloj	20÷50 KeV
Ilić dr. Radovan "ELSUD"[9]	Molierovski sloj = ΔE Landau ($\lambda_M=100$)	da, specijalni postupak Möller $\varepsilon_c=\overline{E}$	-	Moliere	trodimenzionalna	10 KeV
"MATRICE"+ "ELBRZI" Šmelcerović	$\overline{\Delta E}=kE$, $k=f(E)$ Landau ($\lambda_M=1000$)	da, Möller $\varepsilon_c=\overline{\Delta E}$	$\overline{\Delta E}_x$	Goudsmit-Sanderson	trodimenzionalna	10 KeV
Berger i drugi[10]	kontinuiran	-	-	Moliere-a uz korekcije Goudsmit-Sanderson	trodimenzionalna	?
Perkins J.F.[11]	Molierovski sloj = ΔE, Landau	-	-	Moliere	jednodimenzionalna	50 KeV





VAŽNI UGLOVI PRI INTERAKCIJI ELEKTRONA SA METOM

REFERENCES

1. M.Šmelcerović, Electron Interaction with thin target "Internal Report of the Boris Kidrič Institute", IBK-1531, December, 1981.
2. G.A.Goudsmit and J.L.Sanderson, Phys.Rev. 58,1940
3. O.Blanck, S.Leisegang, Zeits, Phys., 128,50,1951
4. L.Landau, J.Phys. USSR,8,201,1944.
5. H.W.Koh and J.W.Motz, Rev. of Mod.Phys.V.31. No 4,1959,pp.920
6. V.V.Baranov and O.A.Pavlovski, Atomnaja Energija, Fizmatgiz, Moskva,1962
7. U.F.Baranov, Dozimetrija Elektronovo izlučenija, Atomizdat, Moskva,1974.
8. A.Akerman at all: Rešenje metodom Monte-Karlo zadač perenosa bistrih elektronov v vešestve, Moskva 1972.
9. R.Ilić, Doctor s Disertation, Belgrade University, 1978.
10. M.J.Berger, S.M.Seltzer - NASA, SP-71, 1965; SP.169, 1968.
11. J.F.Perkins, Phys.Rev. 1926, 1981, 1962.
12. G.Moliere: Z.Naturforsch. 2A, 133, 1947
13. C.Moller C.; Ann. Physik, 14,531,1932

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Minevski Z., Tomašević M.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

ODREDJIVANJE DOZA ZRAČENJA TL DOZIMETRIMA NA MESTU KONTAKTA TUBUSA SA KOŽOM PACIJENTA PRI SNIMANJU ZUBA RENDGEN APARATOM DENT

REZIME Ekspozicione doze zračenja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta pri snimanju zuba do sada su bile odredjivane jonizacionim komorama Victoreen. Na deset rendgen aparata za snimanje zuba proizvodjača EI NIŠ, tipa DENT izvršili smo ponovna merenja ovih doza jonizacionim komorama i TL dozimetrima. U radu su izneti rezultati ovih merenja.

Merenje doza zračenja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta (na vrhu tubusa ili izlazna doza) pri snimanju zuba vršeno je jonizacionim komorama Victoreen model NR 228 prema postupku koji je opisan u Physical Survey Manual Dental and Ray (1).

Merenja koja su ranije vršena (2) kod rendgen aparata za retroalveotorno snimanje zuba tipa Dent proizvodjača EI NIŠ ukazuju da postoje znatne razlike izmedju doza zračenja kojima se ozračuje mesto kontakta. Doze zavise od mnogih faktora kao što su vreme ekspozicije, tehnička ispravnost vremenskog prekidača, stabilnost napona u električnoj mreži i drugih.

Najniža izmerena vrednost iznosila je 5,50 mGy, a najviša 30,00 mGy u sekundi. Srednja vrednost doze zračenja za posmatrane rendgen aparate iznosila je 15,90 mGy po snimku.

Na istom tipu rendgen aparata u 1984 godini izvršena su ponovna merenja uporedo sa jonizacionim komorama Victoreen i TL dozimetrima.

Korišćeni su TL dozimetri MgB_4O_7:Dy, koji su zatim bili obradjeni na poluautomatskom čitaču Toledo Pitman 654 i jonizacionom komorom Victoreen model NR 228.
Prosečna ozračena vrednost jonizacionom komorom Victoreen iznosila je 11,00 mGy/1sec, odnosno 22,00 mGy za vreme od dve sekunde. Vrednosti odredjene TL dozimetrima bile su više i iznosile su 15,46 mGy za vreme od jedne sekunde odnosno 34,18 mGy za dve sekunde.
Najmanja razlika izmedju vrednosti odredjenih jonizacionom komorom Victoreen i TL dozimetrima iznosila je 25%, a najveća 31% za vreme snomanja od jedne sekunde odnosno najmanja 15%, a najveća 50% za vreme snimanja od dve sekunde.
Iz podataka koji su dobijeni TL dozimetrima uočeno je da ozračeno polje na mestu kontakta nije homogeno ozračeno. Razlike u dozama zračenja u pojedinim tačkama polja u proseku iznose 12,5%.

Zaključak

Odredjivanje doza zračenja jonizacionim komorama Victoreen daje nam prosečne vrednosti doza unutar ozračenog polja tako da se ne dobija uvid u karakter ozračenog polja na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta.
Ukoliko se merenja sprovedu TL dozimetrima tada se dobija mnogo jasnija slika o dozama zračenja kojima se ozračuje svako pojedino mesto unutar polja. Sem toga i geometrija merenja je bolja jer se dozimetri postavljaju neposredno uz tubus, a mogu se rasporediti i po celoj površini centralnog polja.
Izmerene vrednosti TL dozimetrima u posmatranim slučajevima bile su veće od onih koje su dobijene jonizacionim komorama Victoreen. Takodje je pokazano da se središte ozračenog polja ne nalazi uvek ispod vrha tubusa već može biti pomereno. O ovome treba voditi računa jer može negativno da se odrazi na centriranje prilikom snimanja.

Summary

DETERMINATION OF RADIATION DOSES, IN THE PLACE OF CONTACT BETWEEN THE POINTER CONE AND PATIENT'S SKIN DURING DENTAL RADIOGRAPHY WITH THE X RAY APPARATUS DENT, BY TL DOSIMETERS

So far exposed doses of radiation, in the place of contact between pointer cone and patient's skin during dental radiography, have been determinated by ionization chamber Victoreen. Repeated measures of these doses have been carried out on ten X ray apparatus manufactured by EI NISH, type DENT for dental radiography, by ionization chamber and TL dosimeters. The results of these examinations are given here.

Literatura

1. Alcox W.R.: Physical Survey Manual Dental X Ray,U.S Department of Health Education and Welfare, Public Health Service, Rockville, April 1967.

2. Tomašević M.: Opšta i lokalna ozračenost pacijenata i njihova zaštita pri stomatološkoj rendgen dijagnostici. Magistarski rad, Beograd 1971.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠZITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. juna 1985.

Tomašević M., Minevski Z.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu Beograd

RENDGEN APARATI KOJI SE KORISTE ZA SNIMANJE DOJKI NATERITORIJI SR SRBIJE

REZIME Na teritoriji SR Srbije koristi se 11 rendgen aparata za snimanje dojki, raznih proizvodjača, različitih tipova i godina proizvodnje.
Često se koriste tehnički neipravni rendgen aparati, kod kojih ne funkcioniše automatsko odredjivanje doza zračenja, što dovodi do nedozvoljene ozračenosti pacijenata.
Izmerene doze zračenja na ovim aparatima pod istim uslovima snimanja iznose od 4,36 mGy po snimku do 120,48 mGy po snimku.

Na teritoriji SR Srbije koristi se 11 rendgen aparata za snimanje dojki. Aparati se nalaze pod stalnom dozimetrijskom kontrolom Jedinice za kontrolu izvora zračenja i ličnu dozimetriju Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr.Dragomir Karajović" iz Beograda.

Rendgen aparati su različitog tipa i godina proizvodnje, što se odražava na tehniku snimanja a time i na doze zračenja kojima se izlažu pacijenti. Zaštitna sredstva za zaštitu pacijenata se ne koriste ni u jednoj zdravstvenoj radnoj organizaciji, koja koristi rendgen aparate za snimanje dojki.

Prema podacima iz 1984. godine u SR Srbiji koristili su se sledeći rendgen aparati, prikazani u Tabeli br. 1.

Tabela br. 1 Ukupan broj rendgen aparata za snimanje dojki

PROIZVODJAČ	BROJ APARATA
Philips	4
TuR	3
Siemens	2
Koch und Sterzel	1
General Electric	1

Doze zračenja kojima se ozračuju dojke pri snimanju u našim ranijim radovima odredjivane su jonizacionim komorama Victoreen. I pored toga što ovim prvim merenjima nismo bili zadovoljni, jer zbog loše geometrije merenja nismo dobijali zadovoljavajuće vrednosti, ona su nas ipak upozorila na visoke doze vrlo mekog X zračenja kojima se dojke ozračuju. Na to takodje ukazuju podaci iz literature, mada se oni odnose na drugačije uslove snimanja i druge tipove rendgen aparata.

Na svim rendgen aparatima koji su se koristili za snimanje u toku 1984. godine odredili smo doze zračenja kojima se ozračuju dojke pri snimanju. Merenja su bila sprovedena pod sličnim uslovima snimanja 30 i 35 kV, 200 do 400 mAs„ uz primenu fantoma dojke. Samo u jednom slučaju merenje je bilo izvršeno sa drugačijim vrednostima. Korišćen je visoki napon 30 i 35 kV, struja snimanja je iznosila 30 mA, a vreme snimanja 1 odn. 2 sec. Ovo je učinjeno zbog toga što se u posmatranoj radnoj organizaciji pod tim uslovima vrši i ozračivanje pacijenata.

Fantom dojke sastojao se od deset slojeva pleksiglasa, svaki debljine 0,5 cm i gustine 0,967 gr/cm^3. Za merenje su korišćeni TL dozimetri MgB_4O_7:Dy, koji su bili rasporedjeni u svakom sloju fantoma u posebno napravljenim ležištima, ali tako da donji dozimetri nisu bili u senci dozimetara postavljenih iznad njih. Obrada dozimetara izvršena je na čitaču ToLeDo, model 654, firme Pitman.

U Tabeli br. 2 prikazane su doze zračenja kojima se ozračuju dojke pacijenata pri snimanju rendgen aparatima koji se koriste na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP. Vrednosti su izražene u mGy.

Tabela br. 2 Doze zračenja kojima se ozračuju dojke pacijenata pri snimanju rendgen aparatima koji se koriste na teritoriji SR Srbije van teritorija SAP, izražene u mGy

PROIZVODJAČ APARATA	P R I M E N J E N I N A P O N 30 - 31 kV	35 kV
Siemens	21,62	36,95
Siemens	41,30	63,79
Philips	van upotrebe	van upotrebe
Philips	33,39 - 55,55	95,75 - 120,48
Philips	23,42 - 29,93	24,36 - 35,02
Philips	51,47 - 55,72	77,65 - 87,97
TuR	17,56 - 28,64	32,40
TuR	18,97 - 23,93	22,17 - 36,20
TuR	neispravan	neispravan
Koch und Sterzel	9,51 - 21,25	13,22 - 18,80
General Electric	4,36 - 7,17	5,95 - 8,84

Zaključak

Izmerene doze zračenja kojima se ozračuju dojke pacijenata u toku snimanja iznose u zavisnosti od primenjenog rendgen aparata izmedju 4,36 mGy i 120,48 mGy po jednom snimku. Svakom pacijentu najčešće se dojka snima iz dva pravca, tako da se pacijent ozrači najmanje dva puta a najviše četiri puta.

Na osnovi izvršenim merenja i dobijenih rezultata koji su prikazani u Tabeli br. 2 mišljenja smo da se kontroli ovih aparata mora posvetiti znatno više pažnje nego što je to činjeno do sada. Takodje smatramo da se snimanje može opravdati samo u izuzetnim slučajevima, o čemu treba da odluči lekar radiolog, pod čijom se neposrednom kontrolom snimanje jedino i može izvesti.

Rad sa aparatima kod kojih uredjaji za automatsko odredjivanje uslova snimanja ne funkcionišu treba zabraniti po hitnom postupku, jer proizvoljno podešavanje kondicija snimanja doprinosi povećanom ozračivanju pacijenata.

Zaštitna sredstva za zaštitu pacijenata pri snimanju dojki moraju se koristiti.

Summary

X-RAY APPARATUS WHICH ARE IN USE ON THE TERITORY OF SR SERBIA FOR MAMMOGRAPHY

There are II X-ray apparatus of different manufactures, types and year of manufacture for mammography on the teritory of SR Serbia.
Often there are in use technicallY out of order X-ray apparatus, which have no function for automatic dose estimation for X-ray, and it leads to the not permmited irradiation of patients. Doses of radiation measured with these apparatus under same conditions are from 4,36 mGy to 120,48 mGy per X-ray.

Literatura

1. Tomašević M., et al: Ozračenost dojki pri mamografiji. XII. Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Ohrid 31. maj - 3. juni 1983.

2. Hoeffken W., Lanyi M.: Mammography Historical Rewiew

3. Metges P.J.: Resultats dosimetriques en mammographie. Radioprotection DUNOD, 1981, Vol.16, No.1, pp. 51-65

4. Zarand P.: Absorbed dose in xeromammography. Brit.J.of Radiol., 1980, 53, pp. 114-119

5. Watson P.: A survey of radiation doses to patients in mammography. Brit.J.of Radiol., 1977, 5o, pp.745-750.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Miklavžič U., Ranogajec-Komor M.*, Vekić B.*, Dražić G., Mihelić M., Dvornik I.*
Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
*Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

UTJECAJ RAZLIČITIH EVALUACIJA TERMOLUMINESCENTNIH KRIVULJA ISIJAVANJA NA REZULTATE MJERENJA DOZA

Sažetak Tri tipa evaluacija krivulja isijavanja, za četiri vrste TL dozimetara, načinjena su pomoću IJS MR-200 TL analizatora s mikroračunarom. Rezultati su diskutirani obzirom na ovisnost reproducibilnosti i individualne osjetljivosti dozimetara o izabranom programu evaluacije.

Uvod

Većina komercijalnih TL čitača posjeduje samo jedan način evaluacije krivulja isijavanja (glow-curves) prilikom određivanja TL signala odnosno doze zračenja. To je najčešće integracija krivulje isijavanja i to od neke zadane početne temperature do konačne. Premda se očekuje, uzimajući u obzir najjednostavniju sliku emisije termoluminescencije, da je integracija cijele površine ispod krivulje isijavanja najbolja mjera apsorbirane doze, to u praksi, zbog razno-raznih karakteristika instrumentacije i niza složenih fizikalnih procesa u različitim TL materijalima, ne mora uvijek biti najtočniji način.

Nedavno konstruirani TL čitač-analizator s mikroračunarom (IJS MR-200, proizvod Instituta "Jožef Stefan")[1] omogućuje jednostavnu primjenu više različitih načina (programa) evaluacije već izmjerene krivulje isijavanja određenog TL dozimetra. Na taj način pruža se mogućnost izbora najpogodnijeg programa (načina) evaluacije krivulje isijavanja. Kao najjednostavniji kriterij izbora najpogodnijeg od više programa evaluacije, može poslužiti rasipanje (distribucija) izmjerenih vrijednosti signala za mjerenu grupu TL dozimetara.

Eksperimentalni podaci

Termoluminescentni IJS MR-200 analizator (čitač)[1] namijenjen je i za laboratorijski rad i za rutinsko određivanje doza. Izmjerena krivulja isijavanja pohranjuje se u memoriji u digitalnom obliku i pokazuje na monitoru zajedno sa krivuljom zagrijavanja. Mikroprocesor uvijek kontrolira zagrijavanje TL dozimetara. U memoriju TL analizatora moguće je pohraniti 7 različitih programa zagrijavanja, te 15 različitih evaluacijskih programa, zbog čega je ovaj analizator pogodan za višestruku obradu krivulja isijavanja.

Za ova ispitivanja korišteni su slijedeći TL dozimetri: CaF_2:Mn (Institut "Jožef Stefan"), $CaSO_4$:Dy i MgB_4O_7:Dy (Institut "Boris Kidrič"), te LiF:Mg,Ti (Institut za nuklearnu fiziku, Krakow). Za svaki od navedenih dozimetara primjenjivan je najpovoljniji program zagrijavanja (temperatura predgrijanja i očitavanja), u skladu sa sugestijama proizvođača i našim ranijim iskustvima[2,3].

Za testiranje su odabrana tri slijedeća tipa evaluacijskih programa: (A) - mjerenje visine (amplitude) krivulje isijavanja; (B) - integriranje površine ispod krivulje isijavnja sa prilagođavajućim granicama integriranja, koje su određene procentualnom visinom krivulje u porastu i u padu (prije i poslije maksimuma); te (C) - integriranje između fiksnih granica koje odgovaraju određenoj temperaturi, a uporedive su s granicama tipa B.

Rezultati i diskusija

U tabeli 1. pokazano je rasipanje vrijednosti (standardne devijacije izražene u procentima) za 50 CaF_2:Mn dozimetara, u ovisnosti o programima evaluacije krivulja isijavanja, nakon zračenja dozama od 0.5 i 1.0 mGy. Polovina od 50 upotrebljenih dozimetara uzeta je iz grupe tzv. "pokvarenih" dozimetara, za koje se očekivalo veliko rasipanje rezultata. Poslije evaluacije svih 50 dozimetara, ozračenih dozom od 0.5 mGy, izdvojeno je 39 dozimetara kod kojih vrijednosti izmjerene po evaluacionim programima A i B_3 nisu odstupale za više od 10% od prosjeka. Za tako selekcioniranu podgrupu ponovo su izračunate relativne vrijednosti standardnih devijacija.

Očito je (tabela 1.) da su klasični integrali (C), sa fiksnim granicama, inferiorni u poređenju s integralima sa prilagođavajućim granicama (B). Ove razlike su osjetno manje unutar podgrupe izdvojenih dozimetara, za koje je većina evaluacionih programa podjednako prihvatljiva. Kao najbolji konstantno se pokazuje program (A),

Tabela 1. Utjecaj načina evaluacije na rasipanje izmjerenih vrijednosti CaF_2:Mn dozimetara

Broj dozimetara	Doza (mGy)	Standardna devijacija (%) u ovisnosti o programu evaluacije						
		A	B_1 * L40%–D50%	C_1	B_2 L30%–D95%	C_2	B_3 L80%–D95%	C_3
50	0.5	6.7	9.5	10.8	9.6	14.1	10.2	10.6
39	0.5	5.0	6.2	6.4	6.1	10.3	6.1	7.2
48	1.0	5.1	6.2	7.7	6.1	11.4	7.8	8.4
38	1.0	5.1	4.9	5.8	4.4	8.8	5.2	6.5

*L označava početak granice integriranja prije, a D poslije maksimuma krivulje isijavanja

koji mjeri amplitudu krivulje isijavanja. Obzirom da TL analizator ima mikroračunarski kontrolirano, te veoma reproducibilno zagrijavanje, ovakvi rezultati ne iznenađuju.

Rezultati u tabelama 2. i 3. dobiveni su tako da je načinjeno pet ozračivanja istih grupa dozimetara dozom od 0.4 mGy. Ozračivano je po 7 komada CaF_2, $CaSO_4$, MgB_4O_7, te LiF TLD u bedževima od plexiglasa (elektronska ravnoteža).

Tabela 2. Utjecaj različitih načina evaluacije na individualnu osjetljivost TLD nakon 5 uzastopnih ozračivanja dozom od 0.4 mGy

TLD	Srednje vrijednosti standardnih devijacija (%) u ovisnosti o programu evaluacije					
	A	B_1 L50%–D50%	C_1	B_2 L15%–D96%	C_2	C_3 *
CaF_2:Mn	3.6	7.4	5.8	9.8	15.1	4.2
$CaSO_4$:Dy	7.8	8.9	8.8	9.4	9.3	9.4
MgB_4O_7:Dy	16.5	18.3	18.8	18.0	16.4	17.7
LiF:Mg,Ti	4.6	5.8	10.0	5.0	15.2	4.3

*C_3 program integrira cijelu površinu glavnog pika krivulje isijavanja

Za svako ozračivanje računate su srednje vrijednosti i standardne devijacije TL odaziva za 7 komada dozimetara. Srednje vrijednosti tih standardnih devijacija karakteristične su za razliku u individualnim osjetljivostima (tabela 2. i 3.). Najveće razlike u

individualnoj osjetljivosti pokazuje MgB_4O_7 (16-19%), a najmanje LiF i CaF_2(3-4%). Metoda evaluacije utječe značajnije na vrijednosti individualne osjetljivosti u slučaju CaF_2 i LiF TLD. Metoda (C) daje znatno veće rasipanje TL signala pojedinih dozimetara od metoda (B). To je razumljivo ako imamo u vidu da metoda (C), za razliku od metode (B), ne korigira eventualni pomak krivulje isijavanja.

Dobiveni TL odazivi kod pet ozračivanja istom dozom također variraju s promjenom načina evaluacije (tabela 3.). Najbolju reproducibilnost pokazao je MgB_4O_7 kod mjerenja visina krivulja (6.9%), a najslabiji je kod iste metode $CaSO_4$ (13%). Evaluacijska metoda ne pokazuje značajan utjecaj na reproducibilnost, koja u prvom redu ovisi od samog dozimetra i stabilnosti čitača. Mora se spomenuti, da su dobiveni rezultati reproducibilnosti zadovoljavajući, ukazuju na stabilnost instrumenata, pogotovo ako imamo u vidu činjenicu da čitanje nije uvijek slijedilo ozračivanje u istom vremenskom razmaku, tj., da brzi feding nije odgovarajuće korigiran[2]. Istovremeno,

Tabela 3. Utjecaj različitih načina evaluacije na reproducibilnost TLD nakon 5 uzastopnih ozračivanja dozom od 0.4 mGy

TLD	Srednje vrijednosti standardnih devijacija (%) u ovisnosti o programu evaluacije					
	A	B_1 L50%-D50%	C_1	B_2 L15%-D96%	C_2	C_3 *
CaF_2:M_n	10.5	11.5	10.6	13.8	9.0	9.8
$CaSO_4$:Dy	13.0	11.8	11.9	11.3	11.7	12.2
MgB_4O_7:Dy	6.9	8.1	7.9	8.1	9.0	11.2
LiF:Mg,Ti	8.9	11.0	8.3	9.6	7.5	10.1

druga greška značajna za reproducibilnost je u činjenici da annealing nije bio strogo kontroliran i izjednačen proces.

Rezultati ovih analiza, iako nisu jednoznačni, pokazuju da se izborom povoljnijeg načina evaluacije može značajno utjecati na raspršenje očitavanih vrijednosti.

Abstract

Three types of glow-curve evaluation programs applied on four types of TL dosimeters were tested utilizing mycrocomputer controlled TL analyser IJS MR-200. The dependence of reproducibility and individual sensitivity of the dosimeters on the evaluation programs are discussed.

Literatura

1. Mihelič, M., Miklavžič, U., Rupnik, Z., Satalić, P., Spreizer, F., Žerovnik, I.: Zbornik radova XXIX ETAN, u štampi.

2. Ranogajec-Komor, M., Szabò, P.P., Vekić, B., Dvornik, I.: Proc. XI Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983, str. 183.

3. Prokić, M.: Nucl. Instr. and Methods, 175 (1980) 83.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Miljanić S. i Dvornik I.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

KARAKTERIZACIJA FEDINGA DOZIMETARA DL-M4

Sažetak Na uzorku od 100 dozimetara DL-M4 određena je vremenska zavisnost promjene primljene doze (feding). Također je ispitana ujednačenost fedinga pojedinih dozimetara.

Uvod

Zračenjem, dozimetrima DL-M4 se mijenja boja od žute preko narančaste do crvene, odnosno ljubičasto crvene, ovisno o primljenoj dozi. Smanjivanje očitane (izmjerene) doze s vremenom poslije ozračivanja naziva se feding (od engl. riječi "fading" - koji blijedi, koji se gubi). Poznavanje vrijednosti fedinga omogućava izračunavanje doze koju je dozimetar primio ozračenjem, ako je između ozračenja i čitanja doze prošlo određeno vrijeme.

U ovom radu prikazan je dio rezultata detaljnog ispitivanja fedinga. Ispitivanja su vršena za dozimetre stare oko 4.5 godina koji se koriste za kalibraciona mjerenja polja zračenja i dozimetrijsku kontrolu radiobioloških i drugih eksperimenata. Cilj rada je bio da se sa što većom točnošću odredi feding ovih dozimetara i da se ispita njegova ujednačenost. Poznavanje fedinga omogućuje tzv. "transfer dozimetriju" gdje dozimetar duže vrijeme putuje (npr. poštom) od mjesta zračenja do mjesta čitanja doze.

Metoda rada

Slučajni uzorak od 100 dozimetara podijeljen je u 5 grupa sa po 20 komada koje su zasebno zračene na izvoru gama zračenja ^{60}Co uz brzinu doze od oko 20 cGy/min. Prethodna ispitivanja[1] su pokazala da relativne vrijednosti fedinga ne ovise o dozi tako da su sve grupe zračene istom dozom od oko 400 cGy. Prije i poslije zračenja, te nakon određenih vremenskih intervala dozimetri su mjereni na spektrofotometru Cary Model 17. Razlike optičke gustoće ozračenih

i neozračenih dozimetara, $\Delta E = (\Delta E)_d - (\Delta E)_o$, proporcionalne su primljenoj dozi. Vrijednosti $(\Delta E)_d$ i $(\Delta E)_o$ su razlike optičke gustoće na 552 i 650 nm za ozračene (d) i neozračene (o) dozimetre. Karakteristike ove spektrofotometrijske metode opisane su ranije[2]. Za cijelo vrijeme ispitivanja dozimetri su držani u termostatiranoj prostoriji na $24\pm1^{o}C$, a mjerenja su također vršena na $24^{o}C$. U jednom danu su zračene i mjerene grupe 1 i 2, zatim drugi dan grupe 3 i 4, a treći dan grupa 5.

Rezultati

1. Rezultati ispitivanja ujednačenosti fedinga prikazani su u Tabeli 1: a) vrijednosti $\overline{\Delta E}$ i njihove standardne devijacije odmah nakon zračenja te 3, 6 i 56 dana poslije zračenja i b) srednje vrijednosti postotaka početne doze, $\overline{D}_t(\%)$ i njihove standardne devijacije za 3, 6 i 56 dana nakon zračenja.

Razlike između pojedinih grupa pokazuju da je bilo nekih sistematskih grešaka u radu. Tako se npr. vrijednosti $\overline{\Delta E}$ za grupe 1 i 2 u stupcima 2, 3 i 4 signifikatno razlikuju od vrijednosti za ostale grupe (statistički t-test) što upućuje na razlike u ozračivanju. Vrijednosti $\overline{D}_t$ nakon 56 dana se signifikatno razlikuju za te grupe od ostalih što upućuje na sistematsku grešku mjerenja optičke gustoće. U tabeli su prikazane i granice pouzdanosti srednje vrijednosti $\overline{D}_t$ za 95%-tni nivo pouzdanosti[3]. Ako se promatraju zasebno grupe i zasebno svih 100 dozimetara odgovarajuće vrijednosti L(95,5) i L(95,100) razlikuju se bitno samo za 56 dana nakon zračenja upravo zbog sistematske greške mjerenja.

Rezultati mjerenja unutar pojedinih grupa su vrlo ujednačeni. Vrijednosti standardnih devijacija za ove vrijednosti $\overline{\Delta E}$ su unutar granica koje se mogu očekivati iz mjerenja etalona iste nominalne vrijednosti[2] što pokazuje da unutar greške mjerenja dozimetri imaju jednaku osjetljivost. Statistički F-test pokazuje da se varijance za $\overline{\Delta E}$ ne mijenjaju za vrijednosti nakon 3, 6 i 56 dana prema vrijednostima odmah nakon zračenja što upućuje na zaključak da unutar greške mjerenja dozimetri imaju i jednak feding.

2. Matematička obrada rezultata

Kinetička analiza krivulja fedinga pokazuje da se proces promjene očitane doze (D) s vremenom (t) može pokazati kao rezultat dviju reakcija čije brzine imaju različitu ovisnost o dozi:

$$v_1 = -dD/dt = k_1 D^{1/2} \quad (1)$$

$$v_2 = -dD/dt = k_2 D \quad (2)$$

Zbrajanjem i integriranjem, te uvrštavanjem vrijednosti $D = D_o$ i $t = 0$ za početne uvjete, dobija se izraz:

$$D_t = ((D_o^{1/2} + k_1/k_2)\, e^{-k_2 t/2} - k_1/k_2)^2 \quad (3)$$

gdje je D_t doza u vremenu t, a k_1 i k_2 su odgovarajuće konstante brzina reakcije.

Izračunavanja su pokazala da se izraz (3) može primijeniti na sve eksperimentalne krivulje fedinga. Vrijednosti za konstante k_1 su negativne, a za k_2 pozitivne tj. pretpostavljena kinetika se odnosi na reakcije suprotnog smjera. Za izračunavanje vrijednosti k_1 i k_2 korišten je iz literature[4] program za fitovanje (podešavanje) metodom najmanjih kvadrata uz linearizaciju fitujuće funkcije.

Fitovana krivulja fedinga za ovaj uzorak prikazana je na Slici 1. Na apscisi je dato vrijeme u danima nakon zračenja, a na ordinati postotak početne doze, D_t(%). Iz rezultata mjerenja izračunata vrijednost težinskog prosjeka varijanci za pojedine točke iznosi $\overline{S}_i^2 = 6.257$, a rezultati fitovanja za početnu vrijednost $D_o = 100$ su slijedeći:

$k_1 = -1.515$ varijanca fitovanja: $S_f^2 = 0.0244$

$k_2 = 0.1566$ $\chi_\nu^2 = S_f^2 / \overline{S}_i^2 = 0.0039$

Vrijednost reducirane hi-kvadrat funkcije (χ_ν^2) je manja od I što pokazuje da je fitovana funkcija dobra aproksimacija mjerenih vrijednosti. Izračunate vrijednosti k_1 i k_2 omogućavaju da primjenom izraza (3) izračuna feding za bilo koje vrijeme nakon zračenja.

Zaključak

Rezultati pokazuju da je za ispitani uzorak unutar greške mjerenja feding isti za sve dozimetre. Prema tome, izračunate vrijednosti fedinga mogu se primijeniti za korekciju očitane doze onih dozimetara koji nisu očitani neposredno nakon zračenja.

Autori zahvaljuju M. Zadru za pomoć kod izrade programa za fitovanje krivulja fedinga.

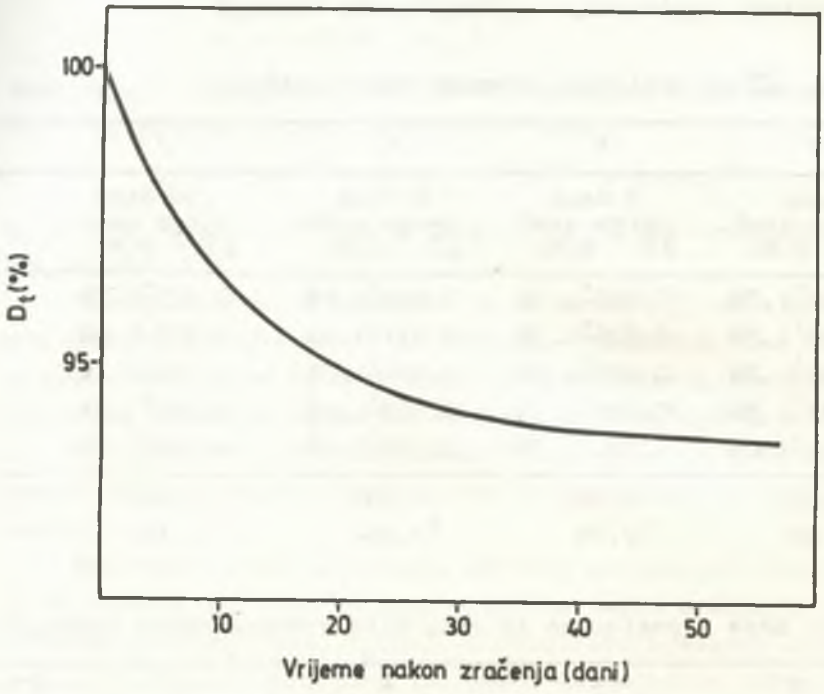
Tabela 1. Rezultati ispitivanja ujednačenosti fedinga

a) Vrijednosti $\overline{\Delta E}$ za različita vremena nakon zračenja

1	2	3	4	5
Redni broj grupe	Odmah nakon zrač. $\overline{\Delta E} \pm S(\%)$	3 dana nakon zrač. $\overline{\Delta E} \pm S(\%)$	6 dana nakon zrač. $\overline{\Delta E} \pm S(\%)$	56 dana nakon zrač. $\overline{\Delta E} \pm S(\%)$
1.	$0.623 \pm 1.3\%$	$0.615 \pm 1.5\%$	$0.608 \pm 1,6\%$	$0.575 \pm 1.7\%$
2.	$0.623 \pm 1.3\%$	$0.616 \pm 1.3\%$	$0.611 \pm 1.1\%$	$0.578 \pm 1.6\%$
3.	$0.605 \pm 1.7\%$	$0.595 \pm 1.5\%$	$0.591 \pm 1.5\%$	$0.573 \pm 2.1\%$
4.	$0.593 \pm 1.3\%$	$0.586 \pm 1.4\%$	$0.579 \pm 1.2\%$	$0.562 \pm 1.6\%$
5.	$0.591 \pm 1.0\%$	$0.581 \pm 1.2\%$	$0.578 \pm 1.0\%$	$0.558 \pm 1.3\%$
srednja vrijed. S(%)	0.607 $\pm 2.6\%$	0.599 $\pm 2.7\%$	0.593 $\pm 2.6\%$	0.569 $\pm 1.5\%$

b) Vrijednosti doze u postocima za različita vremena nakon zračenja

1	2	3	4	5
Redni broj grupe	Odmah nakon zračenja $\overline{Dt}$	3 dana nakon zrač. $\overline{Dt} \pm S$ (%)	6 dana nakon zrač. $\overline{Dt} \pm S$ (%)	56 dana nakon zrač. $\overline{Dt} \pm S$ (%)
1.	100	98.70 ± 0.93	97.48 ± 0.97	92.22 ± 1.64
2.	100	98.78 ± 0.90	97.94 ± 0.84	92.76 ± 1.88
3.	100	98.30 ± 0.95	97.67 ± 0.89	94.74 ± 1.30
4.	100	98.76 ± 1.05	97.73 ± 0.73	94.77 ± 0.92
5.	100	98.46 ± 0.84	97.74 ± 0.63	94.45 ± 1.10
srednja vrijednost		98.60	97.71	93.79
za 5 grupa dozimetara	S%	$\pm 0.21\%$	$\pm 0.17\%$	$\pm 1.29\%$
	L (95,5)	$\pm 0.26\%$	$\pm 0.21\%$	$\pm 1.62\%$
za 100 dozimetara pojedinačno	S%	$\pm 0.94\%$	$\pm 0.81\%$	$\pm 1.68\%$
	L (95,100)	$\pm 0.19\%$	$\pm 0.16\%$	$\pm 0.36\%$



Slika 1. Krivulja fedinga za ispitivani uzorak dozimetara

Abstract

In this work, the kinetics of time dependence of the absorbed dose reading (fading) for DL-M4 dosimeters was determined. In addition, the uniformity of fading between individual dosimeters is demonstrated.

Literatura

1. Miljanić S. i I. Dvornik, neobjavljeni rezultati.
2. Miljanić S., I. Dvornik i D. Šunduković, Spektrofotometrijska metoda određivanja doze dozimetara DL-M4, Zbornik radova XII jug. simp. o zaštiti od zračenja, 660-666, Ohrid, (1983).
3. Calibration of Dose Meters Used in Radiotherapy, Technical Reports Series No. 185, IAEA, Vienna, 1979.
4. Bevington, P.R., Data reduction and error analysis for the physical sciences, 204-246, McGraw-Hill, New York, (1969).

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.- 13. jun 1985.g.

Dj. Ristić, S. Vuković, P. Marković
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

EKSPERIMENTALNO ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA RASEJANJA UNAZAD X-ZRAČENJA ZA BARITNI BETON

REZIME: Prikazani su način kao i rezultati eksperimentalnog odredjivanja koeficijenta rasejanja unazad X-zračenja za baritni beton raznih debljina u zavisnosti od ugla rasejanja, za anodne napone rendgenske cevi 50, 100 i 150 kV.

UVOD

Za potpuno rešavanje većine praktičnih zadataka zaštite od X-zračenja ekranizacijom neophodno je poznavanje, osim zaštitnih parametara primarnog zračenja, i parametara koji omogućavaju izračunavanje nivoa X-zračenja rasejanog unazad. Zbog toga smo u ovom radu preduzeli eksperimentalno odredjivanje koeficijenta rasejanja unazad X-zračenja za baritni beton koji se može koristiti kao biološki štit od X-zračenja.

EKSPERIMENTALNA METODA

Eksperimentalno su odredjivani koeficijenti rasejanja X-zračenja za baritni beton, korišćenjem rezultata merenja jačina ekspozicionih doza X-zračenja rasejanog unazad sa uzoraka od ovog materijala. Za ove svrhe korišćena je metoda prikazana i diskutovana u radu /2/.

Uzorci od baritnog betona su ozračivani širokim snopom X-zračenja generisano pri naponima 50, 100 i 150 kV. Kao izvor zračenja korišćen je generator X-zračenja za radiografiju u industriji ANDREX X-RAY EQUIPMENT sa rendgenskom cevi model CMA 208, napajana konstantnim visokim naponom do 200 kV, struja cevi do 6 mA. Izlazni ugao X-zračenja iznosi 45°, a ukupna filtracija snopa zračenja 2 mm Al. Fizičke karakteristike, odnosno kvalitet i kvantitet ovog snopa X-zračenja dati su u tablici 1.

Tablica 2. Osobine VICTOREEN-ovih jonizacionih komora

Broj modela komore	Opseg merenja $2{,}58.10^{-4}$ (Ć/kg)	Neizvesnost (greška) merenja (%)	Namena ($keV_{ef.}$)	Materijal zida komore	Zapremina komore (cm^3)	Nominalna debljina zida komore ($\mu g/m^2$)
130	0,25	± 10	30-500	Bakelit	177	22,00
227	1,00	± 10	30-500	Bakelit	41	22,00
633	2,50	± 10	30-500	Bakelit	17	22,00
228	5,00	± 10	30-500	Bakelit	8	22,00

REZULTATI I ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja rasejanja X-zračenja unazad na uzorcima od baritnog betona prikazani su na slikama 1 i 2. Analizom rezultata prikazanih na sl. 1. zaključuje se da koeficijent rasejanja raste sa porastom ugla rasejanja pri naponima rendgenske cevi od 50 do 150 kV, i to na isti način za debljine ploča od baritnog betona od 1,18 do 7,71 cm i orijentacije ovih ploča $\Theta = 60^{o}$ i $\Theta = 90^{o}$. Rezultati prikazani na sl. 2. pokazuju da vrednost koeficijenta raste sa povećanjem napona na rendgenskoj cevi od 50 do 150 kV za pravce primarnog snopa X-zračenja $\Theta o = 60^{o}$ i $\Theta o = 90^{o}$, pri uglu rasejanja $\Theta = 150^{o}$, za sve debljine baritnog betona od 1,18 do 7,91 cm, poprimajući vrednosti od 0,25 do 0,58.

ABSTRACT: In this paper is described a method developed by authors for the X-Ray back acattering measurements, as well the procedure for the determination of the scattering coefficients for X-tube voltages ranging from 50 to 400 keV.

LITERATURA

1. Joksimović V. Doktorska disertacija, Beogradski Univerzitet, 1975.
2. Dj. Ristić, P. Marković, S. Vuković. Metoda merenja X-zračenja rasejanog unazad i odredjivanja koeficijenta rasejanja za napone na rendgenskoj cevi od 50 do 400 kV. Saopštenje na ovom Simpozijumu.

Tablica 1. Fizičke osobine korišćenog snopa X-zračenja

Napon	Ukupna filtracija	Prva poludebljina $(d_{1/2})_1$	Druga poludebljina $(d_{1/2})_2$	Koeficijent homogenosti	$\mu C/kg.s$ za mA na 1m
kV	mm Al	mm Al	mm Al	h	
50	2	8,25	24,00	2,91	0,452
100	2	14,50	34,00	2,35	1,025
150	2	20,50	59,75	2,92	2,366

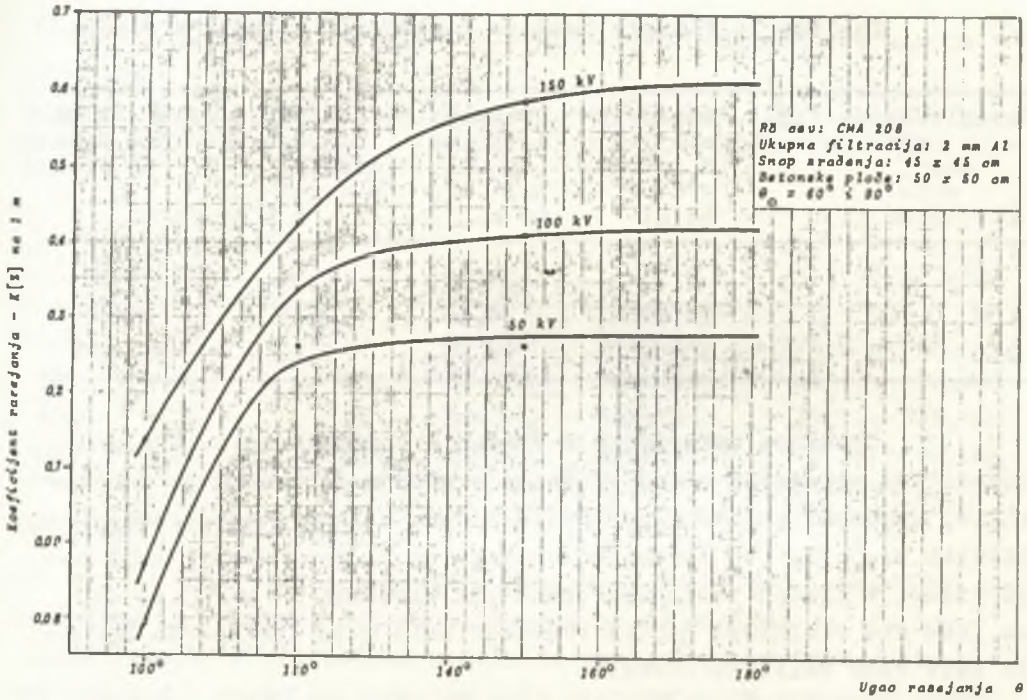
Doprinos nekorisnog X-zračenja (propušteno i rasejano) intezitetu primarnog snopa zračenja i rasejanog unazad je zanemarljiv. Vrednosti jačina ekspozicionih doza merene u neposrednoj blizini zračnika pri zatvorenom otvoru na olovnoj ćeliji kroz koji izlazi koristan snop nisu prelazile vrednost 7 pC/kg.s, dok su izmerene vrednosti jačina ekspozicionih doza korišćenih snopova bile reda veličine nC/kg.s.

Rezultati odredjivanja homogenosti inteziteta korišćenih snopova X-zračenja po površini poprečnog preseka na udaljenju 150 cm od fokusa rendgenske cevi pokazuju da je promena jačine ekspozicionih doza u bilo kojoj tački ravni merenja u odnosu na jačinu ekspozicione doze u osi snopa bila u granicama 5%.

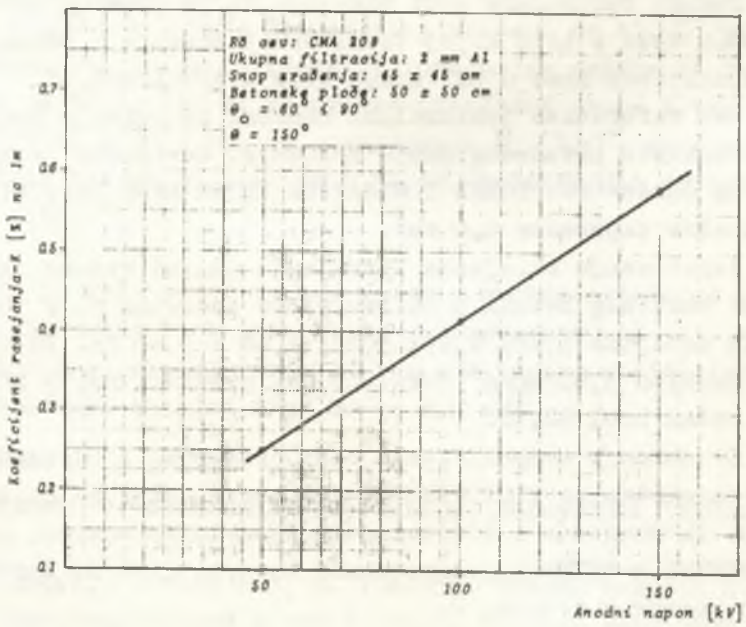
Kao referentna jonizaciona komora, za merenje konstantnosti inteziteta primarnog snopa zračenja, korišćena je komora BALDWIN-ovog dozimetra: IONEX IONISATION METER MARK III, tip 2500, nominalne zapremine 0,6 cm^3.

Ispitivanje rasejanja X-zračenja unazad vršeno je na uzorcima od baritnog betona u obliku ploča površina 50 x 50 cm i prosečnih debljina 1,18; 2,20; 3,26; 4,44 i 5,46 cm. Baritni beton ima gustinu 3,60 Mg/m^3 čvrstoću pri pritisku 39,73 MPa i efektivan redni broj 42,52.

Za merenje ekspozicionih doza primarnog i rasejanog X-zračenja korišćen je VICTOREEN-ov dozimetar, koji se sastoji od uredjaja za punjenje i očitavanje jonizacionih komora, model 570 A CONDENSER R-METER i jonizacionih komora, čije su karakteristike prikazane u tablici 2.



Sl.1. Koeficijenti rasejanja X-zračenja generisanog pri naponima 50, 100 i 150 kV u funkciji ugla rasejanja za baritni beton (ρ=3,60 Mg/m^3).debljine od 1,18 do 7,71 cm.



Sl.2. Koeficijent rasejanja X-zračenja za baritni beton (ρ=3,60 Mg/m^3) debljine od 1,18 do 7,71 cm u funkciji anodnog napona rendgenske cevi.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PULA 10.-12.JUN 1985.

Plavčić .

Neki slučajevi ekstremnih oštećenja uslijed EM zračenja

Sažetak:

Štetnost dugotrajnog djelovanja EM zračenja slabog intenziteta na ljudski organizam iz objektivnih razloga nije dovoljno proučen. Navedeni su primjeri koji upućuju na veliku opasnost ovakvih radnih i životnih sredina.Pri izradi jugoslavenskih standarda treba uzeti u obzir dokazanu štetnost dugotrajnog iako relativno slabog EM zračenja.

U razmatranju štetnog utjecaja elektromagnetskog(EM) zračenja na ljudski organizam, najčešće će se promatrati efekti relativno kratkotrajnih i jakih nivoa zračenja. Iako su takve, nažalost, ili incidentne, situacije u stvarnosti skoro potpuno nepoznate, vlada uvjerenje kako je opasnost od EM zračenja više hipotetsko nego stvarno. Pri tome se zaboravlja i nažalost ne istražuje utjecaj trajno prisutnih EM polja niskog nivoa. To je djelomično i shvatljivo jer je teško organizirati dugogodišnja (lo-žo) ispitivanja na osobama koje su pod djelovanjem takvog polja. Neki autori, iako su vršili dugogodišnja mjerenja na većem broju osoba, u potpunosti negiraju postojanje t.zv.mikrovalnog(MW)sindroma. Bez namjere da dovodimo u sumnju takve rezultate, ovdje ćemo navesti nekoliko slučajeva zabilježenih u SAD, a koji su posljedica dugotrajnog boravka i rada u EM polju malog intenziteta. Navedeni slučajevi posebno su značajni jer sudskim putem traže, a neki su već i dobili, materijalnu odštetu.

Posebno je interesantan slučaj Hannon, gdje je sud učinio presedan i prihvatio postojanje t.zv. MWsindroma čak i kao uzročnika smrti.

Kod 12 osoba, koje su radile na održavanju radarskih uređaja, ili kao članovi avionske posade borbenih aviona, registrirani su slučajevi katarakte.

Uslijed "curenja" EM energije iz MW peći, registriran je jedan slučaj karcinoma slijezda, te dva slučaja pojave katarakte.

Devet kontrolora letenja oboljelo je od katarakte, a smatra se da je to posljedica rada u sredini, gdje je velika koncentracija elektroničkih uređaja koji zrače EM energiju.

5. sekcija: Z A S T I T A O D Z R A Č E N J A U
N U K L E A R N O J E N E R G E T I C I

roznato je da je svojevremeno američka ambasada kroz duri period bila izložena MW zračenju. Među tadašnjim osobljem ambasade, do sada su registrirana dva slučaja raka na mozgu, usljed čega je jedna osoba umrla, te jedan slučaj defektno rođenog djeteta.

Ovaj problem štetnog utjecaja MM polja niskog nivoa, očito je uočen i u SSSR-u gdje se i inače posvećuje velika pažnja štetnosti neionizirajućeg zračenja. Naime, postojeći standardi u SSSR loo puta su niži od onih u zapadnim zemljama.

Na osnovu ovdje iznesenih slučajeva, trebalo bi tom problemu i kod nas dati određen značaj, te pri izradi prijedloga jugoslavenskih standarda za neionizirajuća zračenja rukovoditi se sovjetskim normama.

Literetura:
Microwave News No.lo Vol II December82.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Vekić B., Dvornik I.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

OSVRT NA NUKLEARNU REGULATIVU NA PRIMJERU NUKLEARNOG REGULATORNOG (UPRAVNOG) ORGANA

Sažetak Novi "Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja i o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije" djelomično i neadekvatno propisuje organizaciju i obaveze nuklearnog regulatornog (upravnog) organa. Na osnovu preporuka Međunarodne agencije za atomsku energiju i nuklearne regulative drugih zemalja, razmatra se potreba za odgovarajućim stručno osposobljenim upravnim organom.

Uvod

Novi "Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja i posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije"[1] pokušao je, ali ne svoljno uspješno, po prvi put u našoj zemlji, obraditi jednu novu i specifičnu oblast, kao što je reguliranje posebnih mjera sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije. Vrlo je teško, međutim, zbog raznovrsne materije, pokriti jednim zakonom i zaštitu od ionizirajućih zračenja i cijelu nuklearnu sigurnost, koja uključuje i upravnu i i radnu regulativu, tehničku regulativu (kriteriji, standardi), prostorno planiranje (probleme lokacije), QA/QC, sigurnost u radu, dio zdravstvene regulative, probleme zaštite čovjekove okoline, pa čak i ekonomsku problematiku investiranja (zbog vrlo visokog učešća mjera sigurnosti u cijeni izgradnje). Zbog toga ovaj zakon treba da posluži kao pravna osnova za daljnji razvoj i dogradnju nuklearne regulative, bilo putem podzakonskih propisa (pravilnika), bilo putem očekivanih novih republičkih propisa. Premda ovaj zakon ne daje zapravo puno novog, premda brojne sigurnosne mjere ne regulira adekvatno ili ih uopće ne spominje, treba imati na umu činjenicu da ovaj zakon u principu omogućuje sve što bi moglo biti potrebno. Savjesnim i stručnim pristupom izradi propisa koji se, na osnovu ovog zakona, moraju donijeti, moguće je posebne mjere nuklearne sigurnosti regulirati u skladu s brojnim preporukama, iskustvima i saznanjima iz međunarodne prakse. Na ovim osnovama, i na osnovi postojećeg zakona,

biti će u daljnjem tekstu načinjena analiza regulatornih aktivnosti, odnosno biti će istaknuta neophodnost postojanja i dobre organizacije, kadrovske i stručne osposobljenosti upravnog organa.

Upravni (regulatorni) organ

Nuklearna tehnologija je potencijalno opasna tehnologija, pa se zbog toga u nuklearnoj regulativi i predviđaju posebne mjere i postupci kako bi se društvo i životna sredina zaštitili od eventualnih štetnih utjecaja. Ove činjenice bio je svjestan i zakonodavac (predlagač zakona) i naveo ju je u obrazloženju uz prijedlog zakona. U svim zemljama u svijetu koje upotrebljavaju nuklearnu energiju, među posebnim mjerama sigurnosti jest i formiranje stručnog upravnog ("regulatornog") organa odgovornog za nuklearnu sigurnost. Obaveza je to, dogovorena na međunarodnom nivou, svih društvenih zajednica odnosno organa vlasti, prema vlastitom narodu. A predlagač našeg zakona, u obrazloženju odluke o formiranju nečeg što je u našoj regulativi novo i što bi trebao biti upravni organ naglašava da su to odredbe koje proizlaze iz obaveza naše zemlje prema Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju (MAAE), preporuka te agencije i specifične prirode nuklearne tehnologije. Naime, predviđa se postojanje komisije za nuklearnu sigurnost kao jedinstvenog stručnog tijela radi davanja mišljenja i prijedloga značajnih za sigurnost nuklearnih objekata, koju obrazuje nadležni savezni organ koji je odgovoran za sprovođenje nadzora nad primjenom ovog zakona i primjenom propisa donesenih na osnovu ovog zakona (čl. 39. i 40.) [2].

Prema ovome, komisija za nuklearnu sigurnost treba prema našem zakonu preuzeti odgovornost i obaveze upravnog organa. Ovo, međutim, nije ono što MAAE traži od zemalja članica. MAAE zapravo traži da se u zemljama koje upotrebljavaju nuklearnu energiju oformi i osposobi zasebno i stalno te nezavisno nuklearno regulatorno tijelo (upravni organ) s dovoljnim brojem stručno osposobljenog osoblja u punom radnom vremenu, te s punim ovlaštenjima za izvršenje svih bitnih sigurnosnih zadataka[3]. Ovakav upravni organ provodi sve neophodne nadzorne i kontrolne mjere u cilju sigurnosti nuklearnog objekta u skladu s propisima, i u svim fazama, počevši od pripremnih radova na projektu, izbora lokacije, do konačne dekomisije nuklearnog objekta, i to nezavisno od korisnika objekta (tražioca odobrenja).

O tome gdje i kako oformiti upravni organ, počev od broja osoblja do njihovih profesionalnih zaduženja u upravnom organu,

barem u SR Hrvatskoj, bilo je više pisanih prijedloga[4,5,6] naših stručanjaka, kao i eksperata MAAE[7,8]. Između brojnih obaveza upravnog organa izdvajamo slijedeće: (a) prati, proučava i analizira svjetska tehnička, organizaciona i druga iskustva o preventivi nuklearnih nezgoda i sigurnosti nuklearne tehnologije i predlaže primjenu tih iskustava; (b) provodi temeljite kontrole sigurnosnih analiza i dokumentacije koja prethodi izdavanju suglasnosti ili odobrenja, kako bi provjerio tehnička rješenja objekta i organizacionu i kadrovsku spremnost i osposobljenost korisnika; (c) nadzire provedbu svih u sigurnosnoj dokumentaciji ili suglasnostima, odobrenjima ili dozvolama predviđenih tehničkih, projektnih, organizacionih i drugih zahtjeva i mjera, kod korisnika i njegovih partnera, kroz preglede, inspekcije, ispitivanja opreme i druge mjere; (d) određuje mjere i organizaciju, te preuzima vođenje i koordinaciju aktivnosti u vanrednim situacijama; (e) radi na razradi, prilagođavanju i usvajanju sigurnosne dokumentacije (zajedno s drugim organima); (f) prati, analizira i primjenjuje znanstvena dostignuća značajna za sigurnost nuklearnih objekata i predlaže poboljšanja; (g) inicira istraživanja i razvoj u području sigurnosti; (h) prema potrebi inicira informiranje javnosti u vezi sa sigurnosti nuklearnih objekata.

Prema preporukama MAAE[3] upravni organ treba osigurati odgovarajuće kapacitete u vanjskim stručnim organizacijama za kontinuirano pokrivanje svih specijaliziranih znanstveno-tehničkih aktivnosti koje sam ne može provesti. Ovo se posebno odnosi na nezavisne provjere sigurnosnih analiza.

Za savjetodavne funkcije, ili za rješavanje povremenih problema iz svog djelovanja, a prema preporukama MAAE, upravni organ može koristiti stalne ili ad hoc komisije. Upravo to i jest najveća razlika između preporuka MAAE i našeg zakona. MAAE smatra, naime, da je u nuklearnom regulatornom organu nužan cjelodnevni i kontinuirani stručni rad svih zaposlenih, te da se osnovne funkcije odgovornosti za nuklearnu sigurnost ne mogu i ne smiju rješavati na osnovu honorarnih aktivnosti članova različitih komisija, bez obzira kako i koliko su stručni ili ugledni članovi tih komisija.

Zaključak

Za nuklearnu energetiku karakteristične su mnoge specifičnosti koje nemaju paralela u drugim granama, a koje postavljaju posebne zahtjeve i na organizaciju i na kadrove. Veliki broj ovih specifičnosti vezan je uz nuklearnu sigurnost, ili je posljedica zahtjeva

za nuklearnom sigurnosti. Investicije u nuklearne elektrane su vrlo velike, a samo jedan jedini ozbiljniji akcident može, ne samo uništiti takvu krupnu investiciju, veći i postati izvor dodatnih troškova kroz dulji vremenski period. Dosadašnje svjetsko iskustvo je više nego drastično potvrdilo da jedino sigurna nuklearna elektrana može biti i ekonomična elektrana. Zbog toga u području nuklearne sigurnosti ne bi smjelo biti nikakvih kompromisa. U suprotnom, ekonomski, ekološki, politički i ostali rizici su suviše veliki, naročito za manje i slabije razvijene zemlje.

Gornji razlozi objašnjavaju naš povećani interes, kako za donošenje dobre nuklearne regulative, tako i za formiranje, stručnost i nezavisnost upravnog organa koji preuzima sigurnosne obaveze i odgovornosti. Upravo zbog odgovornosti upravnog organa prema društvu inzistiramo na stručnosti i pravilnom odabiru i edukaciji kadrova za upravni organ, te na nezavisnosti tog organa. Stručnost i tzv. ljudski faktor, a ne vlast, omogućiti će upravnom organu da, zajedno sa drugim nezaobilaznim učesnicima suodgovornim za nuklearnu sigurnost, uspješno ispuni brojne obaveze.

Na kraju važno je naglasiti da, nezavisno od upravnog organa, i korisnici nuklearnih elektrana (elektroprivredne organizacije) trebaju organizirati posebne grupe s dovoljno kadra sposobnog da procjenjuje, analizira i provodi mjere u cilju prevencije nastanka stanja koja mogu ugroziti život i zdravlje ljudi i okoliš, kao i za ublažavanje posljedica takvih stanja.

Stručnim i savjesnim radom upravnog organa i vlasnika nuklearnih elektrana, kao i svih stručnih organizacija koje im pružaju podršku, isplatiti će se ulaganja u nuklearnu sigurnost, i to ne samo kroz smanjenje rizika (ekonomskih, ekoloških, radijacijskih), već i dugoročno kroz povećanje raspoloživosti nuklearnih elektrana (više struje uz iste investicije); bolje ugovaranje, kraće rokove i manje troškove izgradnje; povećano učešće domaće industrije, te optimalni transfer tehnologije. Mnogo bogatiji i iskusniji od nas pažljivo prate kako se to radi u svijetu, vrlo efikasno preuzimaju i primjenjuju dobra tuđa rješenja, te je već krajnje vrijeme da i mi, u području nuklearne sigurnosti, to započnemo.

Abstract

The organization and duties of nuclear regulatory body are not adequately regulated in our new "Low on radiation protection and special nuclear safety measures in the application of nuclear energy". On the basis of IAEA recommendations and nuclear safety regulation in

other countries the necessity for adequate regulatory body is discussed.

Literatura

1. Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja i o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije, Službeni list SFRJ, broj 62, 23.11.1984.

2. Prijedlog zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja i o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije s obrazloženjima, Beograd, 1984, str. 37.

3. Governmental organization for the regulation of nuclear power plants, IAEA, No. 50-C-G, Vienna, 1978.

4. Pismeni prijedlozi Potkomisije za nuklearnu sigurnost komisije za nuklearnu energiju I.V. Sabora SRH.

5. Lakota, J.: Program rada, nosioci planova i kadrovi za nuklearnu sigurnost u vezi NE Prevlaka, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1984.

6. Molak, B., Valčić, I.: Zbornik radova I savjetovanja o nuklearnim tehnologijama, Zagreb, 1984, str. 215.

7. Laaksonen, J.: Report of mission to Yugoslavia, Zagreb, 1984.

8. Meneley, D.A.: Report of mission to Yugoslavia, Zagreb, 1984.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Subotić B.
Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

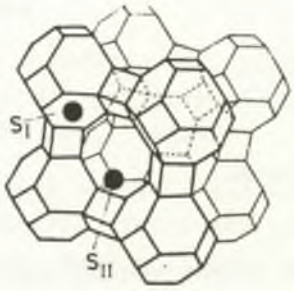
MOGUĆNOST PRIMJENE MOLEKULARNIH SITA (ZEOLITA) ZA TRETMAN RADIOAKTIVNOG OTPADA

Sažetak Ionska zamjena je efikasna i veoma često primjenjivana metoda za tretman tekućeg radioaktivnog otpada. U tu svrhu se osim organskih ionsko-izmjenjivačkih smola sve češće koriste zeoliti kao veoma efikasni anorganski ionski izmjenjivači. U radu su opisana osnovna strukturna i ionsko-izmjenjivačka svojstva zeolita i prikazani su neki tipični primjeri njihove upotrebe za tretman i imobilizaciju radioizotopa iz radioaktivnog otpada.

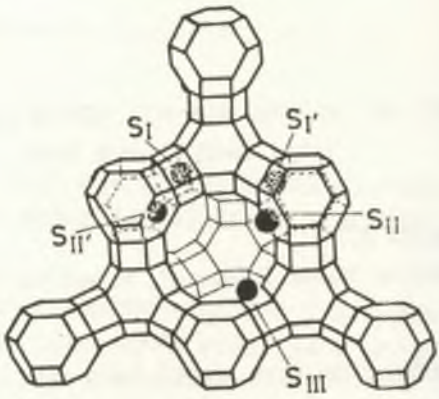
Struktura i ionsko-izmjenjivačka svojstva zeolita

Zeoliti ili molekularna sita su hidratizirani kristalni aluminosilikati jedinstvene prostorno-mrežne strukture sastavljene od SiO_4 i AlO_4 tetraedara spojenih preko zajedničkih atoma kisika (1). Specifičnost strukture zeolita očituje se u postojanju strukturnih šupljina međusobno povezanih kanalima određenog oblika i veličine. Oblik i veličina šupljina i kanala kao i njihovi međusobni odnosi su konstantni i točno definirani kao strukturni parametri određenog tipa zeolita (1). Negativan naboj aluminosilikatne strukture, uzrokovan izomorfnom zamjenom silicija aluminijem, je neutraliziran hidratiziranim kationima (Na^+, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Cs^+, K^+ i sl.). Opća formula zeolita u oksidnom obliku je: $Me_{2/n}\cdot Al_2O_3\cdot xSiO_2\cdot yH_2O$, gdje n je nabojni broj kationa Me , x 2 i y ovise o tipu zeolita. U slikama 1 i 2 prikazani su strukturni parametri zeolita A i zeolita X s položajima S_I , S_{II} i S_{III} pripadajućih hidratiziranih Na^+ iona. U dodiru s otopinama elektrolita, kationi iz zeolita mogu se reverzibilno zamijeniti s kationima iz otopine. Kod toga, brzina zamjene i kapacitet zamjene ovise o mnogim faktorima kao, tip zeolita, vrsta iona iz otopine koji se zamjenjuju s ionima iz zeolita, koncentracija zamjenljivih iona u otopini, ionska jakost otopine, temperatura zamjene i sl. U ravnotežnim uvjetima vrijedi (2):

$$Me_1Z + Me_2^{n+} \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} Me_2Z + Me_1^{n+}$$, gdje Me_1Z i Me_2Z su koncentracije zamjenljivih kationa Me_1 i Me_2 u zeolitu, Me_1^{n+} i Me_2^{n+} su koncentracije istih kationa u otopini, a n je nabojni broj kationa. Afinitet zeolita prema određenom kationu je definiran koeficijentom selektivnosti $K_s = C_s/C_L$, gdje C_s je količina iona vezanih po gramu zeolita, a C_L je količina istih iona otopljenih u cm^3 otopine u ravnotežnim uvjetima.



Sl. 1 Shematski prikaz strukture zeolita 4A s položajima S_I i S_{II} pripadajućih Na^+ iona.



Sl. 2 Shematski prikaz strukture zeolita X i Y s položajima S_I , S_{II} i S_{III} pripadajućih Na^+ iona.

TABLICA 1. Maksimalni teorijski kapaciteti zamjene Γ , dehidrirane forme zeolita najčešće korištenih za tretman radioaktivnog otpada.

tip zeolita	kapacitet zamjene Γ/(mekv/g)	tip zeolita	kapacitet zamjene Γ/(mekv/g)
analcim	4,9	zeolit 4A	7,0
habazit	4,9	hidroksisodalit	7,0
klinoptilolit	2,6	zeolit 13X	6,4
mordenit	2,6	zeolit Y	4,4

Tablica 1. prikazuje teorijske količine (mekv) iona koji se mogu vezati na 1 g dehidratiziranih zeolita. U praksi su ove količine redovito manje zbog ravnotežne prirode procesa zamjene, slabijeg afiniteta određenih tipova zeolita prema nekim kationima u odnosu na originalni kation (na pr. Na^+), nemogućnosti difuzije velikih ili jako hidratiziranih kationa kroz strukturne kanale nekih tipova zeolita itd. Poslijedica je, da neki tipovi zeolita pokazuju izrazitu selektivnost u odnosu na određene vrste kationa (na pr. afinitet zeolita A prema kationima II. skupine periodičnog sistema elemenata i afinitet mordenita prema Cs^+ ionima). Na primjer, ukoliko se svi natrijevi ioni iz zeolita A zamijene s Cs-137 ili Sr-90 , specifična radioaktivnost iznosila bi 21 Ci ($7{,}8 \times 10^{11}$ Bq), odnosno 33 Ci ($1{,}2 \times 10^{12}$ Bq) pogramu solidifikata (3). Prženjem zeolita na temperaturama većim od 800° C , mijenja se njihova struktura, kod čega se gube ionsko-izmjenjivačka svojstva (4) pa radioaktivni izotopi vezani na zeolit ostaju nakon kalciniranja blokirani unutar strukture kalcinata s veoma malom brzinom ispuštanja radioizotopa (leaching) iz matriksa.

Primjena zeolita kao anorganskih ionskih izmjenjivača za tretman tekućeg radioaktivnog otpada i matriksa za imobilizaciju radioizotopa

Veliki kapacitet vezanja radioizotopa (5), značajna termička i radiolitička stabilnost (6), dobro vezanje s cementom (6), mogućnost ustakljivanja (7) i termičke transformacije (5) čine zeolite veoma pogodnim materijalima za tretman nisko i srednje radioaktivnih otopina i za separaciju i imobilizaciju izotopa cezija i stroncija iz visoko-radioaktivnih otopina. Veoma ilustrativan primjer upotrebe zeolita za tretman visoko-radioaktivnih otopina je dekontaminacija vode iz rashladnog sistema reaktora, tokom dekomisije nuklearne elektrane Otok tri milje, nakon poznatog incidenta. Otprilike 3000 m^3 tekućine, ukupne radioaktivnosti cca $5x10^5$ Ci ($1,85x10^{16}$ Bq) tretirano je s habazitom smještenim u posebno konstruiranim kolonama volumena 255 l. Nakon tretmana, svaka od 6 kolona sadržavala je 60.000 Ci ($2,2x10^{15}$ Bq), uglavnom radioizotopa cezija i stroncija (8). Kontaminirani zeolit (habazit) miješan je s komponentama za pripremu stakla i vitificiran (7). Naknadna analiza je pokazala da bi direktno kalciniranje zeolita na 1000° C bilo jeftinije i sigurnije zbog neznatne volatilizacije cezija tokom kalciniranja zeolita u odnosu na pripremu stakla i veoma male brzine ispuštanja radioizotopa iz matriksa nakon kalciniranja (brzina ispuštanja cezija i stroncija iz kalciniranog zeolita je 100 - 1000 puta manja nego iz borosilikatnog stakla)(4). Prema dostupnim literaturnim podacima (5,9-11), u postojećim i planiranim postrojenjima za tretman visoko-radioaktivnog otpada, zeoliti se uglavnom koriste za separaciju i imobilizaciju radioizotopa cezija i stroncija. Osim za separaciju cezija i stroncija iz visoko-radioaktivnih tekućina, zeoliti se u kombinaciji s drugim postupcima primjenjuju ili mogu primjeniti za tretman srednje i nisko-radioaktivnih tekućina iz nuklearnih elektrana. U Engleskoj (British Nuclear Fuel Ltd.) se razvija postupak za dekontaminaciju vode iz bazena za čuvanje ozračenog nuklearnog goriva upotrebom klinoptilolita (6). Prema predloženom konceptu, 180 kg klinoptilolita ukupne radioaktivnosti 300 Ci miješa se s 180 kg portland cementa i 63 kg vode. Testovi pokazuju da su sve osobine (homogenost, mehanička čvrstoća, trajnost te kemijska, radiolitička i termička stabilnost) dobivenog solidifikata zadovoljavajuće za konačno odlaganje.

U Švedskoj se u okviru Nacionalnog programa za rješavanje problema radioaktivnog otpada, od 1980. g. razvija projekt PILO (12,13) koji se zasniva na eluiranju radioizotopa iz iskorištenih ionsko-izmjenjivačkih smola i vezanja radioizotopa iz eluata na sintetski mordenit i natrijev titanat. Ovim postupkom, cjelokupna količina eluiranih radioizotopa cezija veže se na sintetski mordenit, a cjelokupna količina eluiranih radioizotopa stroncija, 90% izotopa cinka i 80% izotopa kobalta vežu se na natrijev titanat. Nakon eluiranja, nisko-radioaktivne iskorištene smole se spaljuju, a kontaminirani zeolit i titanat se kalciniraju u cilju imobilizacije radioizotopa u matriksu, odnosno njegove pripreme za odlaganje. Ovim postupkom postiže se dvostruko veći faktor redukcije volumena u odnosu na bitumenizaciju i 4 - 20 puta veći faktor redukcije volumena u odnosu

na cementiranje iskorištenih izmjenjivačkih smola. Vlastita istraživanja mogućnosti korištenja granuliranih zeolita za tretman nisko i srednje- radioaktivnog otpada iz NE Krško, pokazala su da se zeoliti mogu veoma efikasno koristiti za uklanjanje radioizotopa cezija i joda i u manjoj mjeri ostalih radioizotopa (14). Preliminarna istraživanja su pokazala da se skupi uvozni organski izmjenjivači mogu u potpunosti zamijeniti sa zeolitom (koji se već proizvodi u zemlji) uz povećanu efikasnost dekontaminacije, manju potrošnju izmjenjivača i veći stupanj redukcije volumena. Prikazana svojstva zeolita kao i primjeri njihove aktualne i planirane primjene pokazuju da su zeoliti u kombinaciji s drugim metodama veoma perspektivni materijali za tretman i imobilizaciju radioaktivnog otpada svih nivoa radioaktivnosti.

Abstract

The ionic exchange is very efficient and frequently used method for the treatment of liquid radioactive wastes. For this purpose, the organic resins may be substituted with zeolites as very efficient inorganic cation exchangers. The present paper describes the basic structural and ion-exchange properties of zeolites. Some typical applications of zeolites in the treatment of radioactive waste and immobilisation of radioisotopes from radioactive waste are presented.

Literatura

1. Breck, D.W.: J.Chem.Educ.,41 (1964) 678.
2. Schwuger, M.J., Smolka, H.G. and Kurzendörfer, C.P.: Tenside-Detergents, 13 (1976) 305.
3. Mimura, H. and Kanno, T.: Sci.Rep.Ritu, A-30 (1981) 125.
4. Mimura, H. and Kanno, T.: Sci.Rep.Ritu, A-29 (1980) 102.
5. Sherman, J.D.: in Ion Exchange for Pollution Control, CRC Press Inc., Boca Ration 1979., str. 227.
6. Eldsen, A.D., Sims, J. and Harding K.: IAEA-SM-261/30, IAEA, Vienna 1983. str. 167.
7. Siemens, D.H., Bryan, G.H. and Knox, C.A.: Report 1982, PNL-SA-10528.
8. Gallucci, R.H.V. et. al: Report 1982, PNL-4032/UC-71.
9. Stinton, D.P., Lackey, W.J. and Angelini, P.: J.Am.Ceram.Soc., 66 (1983) 389.
10. Kubata, M. et. al: Proc.Symp.Mat.Res.Soc., 26 (1984) 551.
11. Bray, L.A. et. al: Report 1984, PNL-4969/UC-70.
12. Forberg, S. et. al: Sci.Basis Nucl.Waste Manage., 2 (1980) 867.
13. Hultgren, A. et. al: Report 1981, STUDSVIK/NW-81/113.
14. Lovašić, Z. and Subotić, B.: Proc.Int.Symp.Zeolites, u postupku za objavljivanje.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Bronić J. i Subotić B.
Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

UKLANJANJE RADIOIZOTOPA GADOLINIJA IZ OTOPINA UPOTREBOM GRANULIRANIH ZEOLITA

Sažetak Mjerenjem faktora dekontaminacije i raspodjele Gd^{3+} iona u granulama nakon prolaza otopine $Gd(NO_3)_3$ označene s radioizotopom Gd-153 kroz kolone punjene s granuliranim zeolitima, utvrđeno je da se radioizotopi gadolinija mogu iz neutralne ili slabo kisele otopine ukloniti s velikom efikasnošću upotrebom granuliranog mordenita. Ispitan je utjecaj pH otopine i brzine protoka otopine kroz kolone na efikasnost dekontaminacije i raspodjelu Gd^{3+} iona u granulama.

Uvod

Otpadne radioaktivne tekućine, ovisno o izvoru, mogu imati veoma različit kemijski i radiokemijski sastav. Noviji postupci prerade radioaktivnog otpada često uključuju separaciju pojedinih radioizotopa ili grupe radioizotopa iz smjese zbog njihove visoke radiotoksičnosti, posebnih uvjeta skladištenja ili korištenja u druge svrhe (1). U ovom radu ispitana je mogućnost uklanjanja radioizotopa gadolinija iz otopine, upotrebom granuliranih zeolita i diskutirana je mogućnost odvajanja radioizotopa rijetkih zemalja (lantanida) od radioizotopa alkalnih i zemnoalkalnih elemenata.

Mjerenja

U cilju ispitivanja mogućnosti uklanjanja radioizotopa gadolinija iz otopina, 150 ml $3{,}33\times10^{-3}$ M otopine $Gd(NO_3)_3$ označene s radioizotopom Gd-153 (Amersham) propuštano je različitim brzinama protoka kroz kolone punjene s granuliranim zeolitima (zeolit A, zeolit X, sintetski mordenit). Svi eksperimenti izvođeni su na temperaturi od 20° C. Nakon prolaza otopine kroz kolonu, mjerena je radioaktivnost $(A_i)_v$, alikvota od V_i = 10 ml i iz dobivenih podataka izračunati su faktori dekontaminacije FD, pomoću formule:

$$FD = \Sigma V_i (A_i)_v / A_o \Sigma V_i = 10 \Sigma (A_i)_v / A_o V \qquad (1)$$

gdje, A_o je radioaktivnost otopine prije prolaza kroz kolonu, a V je ukupni volumen tretirane otopine. Raspodjela Gd^{3+} iona u granulama određena je na slijedeći način: Nakon ispiranja s destiliranom vodom, granule u koloni razijeljene su u segmente dužine 1 cm i količini granula koja odgovara jednom segmentu izmjerena je radioaktivnost $(A_i)_g$. Na osnovu dobivenih podataka, koncentracije C_{Gd}, Gd^{3+} iona u određenim segmentima (i odavde na određenoj dužini kolone L) izračunate su pomoću formule:

$$C_{GD} = 5\times10^{-4} (A_i)_g [\, 1 - 1/(FD)_{150} \,] / \Sigma (A_i)_g \qquad (2)$$

gdje $(FD)_{150}$ predstavlja faktor dekontaminacije za V = 150 ml, a $(A_i)_g$ je ukupna radioaktivnost svih granula u koloni. Rezultati su prikazani kao ovisnost koncentracije C_{Gd}, gadolinijevih iona u granulama o dužini L, prijeđenog puta otopine u koloni.

Rezultati i diskusija

U cilju utvrđivanja najpogodnijeg tipa zeolita za uklanjanje Gd^{3+} iona iz otopine, 150 ml $3,33X10^{-3}$ M otopine $Gd(NO_3)_3$ označene s radioizotopom Gd-153 (pH vrijednost otopine prije prolaza kroz kolonu je 6), propušteno je brzinom protoka od u = 1 ml/min kroz kolone punjene s 10 g granuliranog zeolita A, zeolita X i sintetskog mordenita (SM). Faktori dekontaminacije FD, mjereni za V = 50 , 100 i 150 ml prikazani su u Tablici 1 kao funkcija tipa upotrebljenog zeolita.

Tablica 1. Faktori dekontaminacije FD, postignuti nakon prolaza 50, 100 i 150 ml $3,33x10^{-3}$ M otopine $Gd(NO_3)_3$ kroz kolone punjene s 10 g granuliranih zeolita (A, X, SM) s brzinom protoka od 1 ml/min.

	Faktor dekontaminacije		
Tip zeolita	A	X	SM
V/ml			
50	5,6	4,3	222
100	6,5	4,5	263
150	7,6	4,8	303

Koncentracija Gd^{3+} iona u otopini smanji se 7,6 puta nakon prolaza kroz kolonu punjenu s granuliranim zeolitom A, 4,8 puta nakon prolaza kroz kolonu punjenu sa zeolitom X i 303 puta nakon prolaza kroz kolonu punjenu s 10 g granuliranog SM. Uočljivo je, da je faktor dekontaminacije postignut s mordenitom 40-60 puta veći od faktora dekontaminacije postignutih upotrebom zeolita A i zeolita X. Mnogo veća efikasnost mordenita u odnosu na zeolit A i zeolit X može se objasniti povećanjem bazičnosti otopina u prisustvu zeolita A i X i stvaranjem hidroksi kompleksa Gd(III) iona, koji se ne mogu ili se slabo zamjenjuju s Na^+ ionima iz zeolita. Poznato je naime da u vodi i vodenim otopinama, manji dio kationa iz zeolita može biti zamijenjen s H^+ ionima iz vode (2). Posljedica je porast bazičnosti otopine. U pravilu, ravnotežna bazičnost raste s porastom odnosa Al/Si u strukturi zeolita. Mjerenja su pokazala da je prolazom otopine kroz granulirani zeolit A (Al/Si = 1) početna pH vrijednost otopine narasla od pH_o = 6 do pH_z = 8,61, prolazom kroz granulirani zeolit X (Al/Si = 0,8), pH_z = 8,01, dok se prolazom kroz granulirani SM (Al/Si = 0,2) pH vrijednost otopine nije promijenila. Odavde slijedi da u kontaktu s granuliranim zeolitima, najveći dio gadolinijevih iona ostaje nepromijenjen i sposoban za zamjenu s Na^+ ionima iz mordenita, dok povećanje bazičnosti otopine u kontaktu s granuliranim zeolitima A i X

uzrokuje prijelaz dijela Gd^{3+} iona u kompleksne forme (3), koje se ne mogu zamijeniti s Na^{+} ionima iz zeolita. Ova pretpostavka je provjerena propuštanjem otopina Gd^{3+} iona s različitim početnim pH vrijednostima kroz kolone punjene s 10 g granuliranog SM, brzinom protoka od 1 ml/min. Za pH_o = 3,12 , FD = 433 , za pH_o = 6 , FD = 303 , a za pH_o = 10,2 nije izmjerena promjena koncentracije gadolinija u otopini (FD = 1) nakon prolaza kroz kolonu. Odavde slijedi, da se efikasno uklanjanje Gd^{3+} iona iz otopine može izvršiti upotrebom granuliranog SM u neutralnom ili slabo kiselom pH području. Tablica 2. pokazuje utjecaj brzine protoka otopine kroz kolonu punjenu s 10 g granuliranog SM, na postignute faktore dekontaminacije.

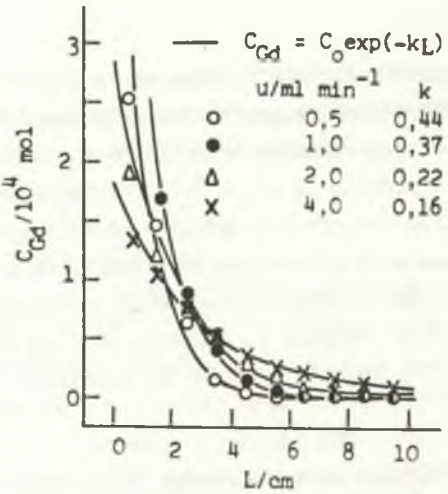
Tablica 2. Utjecaj brzine protoka u , na faktore dekontaminacije FD, postignute nakon prolaza 50, 100 i 150 ml otopine kroz kolone punjene s 10 g granuliranog SM.

	Faktor dekontaminacije FD			
u/ml min^{-1}	0,5	1	2	4
Volumen, V/ml				
50	211	222	153	38
100	249	263	157	36
150	315	303	143	33

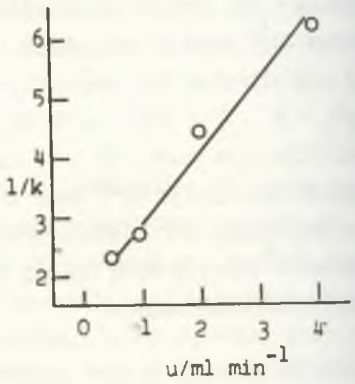
Postignuti faktori dekontaminacije praktično su isti a u = 0,5 i 1 ml/min, dok se povećanjem brzine protoka na 2 odnosno 4 ml/min faktori dekontaminacije smanje otprilike za 2 puta, odnosno 10 puta u odnosu na brzine protoka od 0,5 i 1 ml/min. Smanjivanje faktora dekontaminacije s povećanjem brzine protoka je uzrokovano smanjenjem vremena kontakta (odnosno vremena zamjene) izmedu otopine i granula, odnosno "probojem" kapaciteta kolone kod većih brzina protoka (vidi Sl. 1). Sl. 1 pokazuje da je raspodjela Gd^{3+} iona u granulama homogenija što je brzina protoka veća. Za protoke u = 0,5 i 1 ml/min, sve granule na dužini L 7 cm ne sadrže Gd^{3+} ione, što znači da se cjelokupna količina Gd^{3+} iona iz 150 ml $3{,}33 \times 10^{-3}$ M otopine (= 5×10^{-4} molova) nalazi u granulama na poziciji 0 L 7 cm. Kod većih brzina protoka, C_{Gd} 5×10^{-4} M, što znači da jedan dio Gd^{3+} iona iz otopine nije vezan na zeolit i rezultira manjim faktorima dekontaminacije kod većih brzina protoka. Raspodjela količina Gd^{3+} iona u granulama može se matematički prikazati jednadžbom:

$$C_{Gd} = C_o \exp(-kL) \qquad (3)$$

Gdje, C_o je količina Gd^{3+} iona u L = 0 , L je dužina prijeđenog puta otopine u koloni na kojoj je C_{Gd} mjeren, a konstanta k je ovisna brzini protoka. Sl. 3 pokazuje da je vrijednost konstante k obrnuto proporcionalna brzini protoka u . Numeričke vrijednosti konstanti C_o i k izračunate su kao odsječak na abscisi i nagib pravca, dobivenog crtanjem log C_{Gd} u ovisnosti o L .



Sl. 1. Ovisnost količine C_{Gd}, Gd^{3+} iona u granulama o prijeđenom putu L , otopine kroz kolonu, za različite brzine protoka.



Sl. 2. Ovisnost recipročne vrijednosti konstante k o brzini protoka u , otopine kroz kolonu.

Dobiveni rezultati pokazuju da se upotrebom granuliranog mordenita u neutralnom ili slabo kiselom području mogu iz otopine ukloniti Gd^{3+} ioni, s velikom efikasnošću. S obzirom na slična kemijska svojstva ostalih lantanida, može se pretpostaviti da bi se upotrebom istog postupka mogli, sa sličnom efikasnošću, ukloniti iz otopine i ioni ostalih lantanida. Također, s obzirom da se ioni alkalnih i zemnoalkalnih elemenata vežu na zeolite i u alkalnom području (4), kontrolom kiselosti otopine i izborom tipa zeolita, mogu se iz smjese odvojiti ioni alkalnih i zemnoalkalnih elemenata od lantanida i ostalih iona sklonih stvaranju hidroksikompleksa (ioni prijelaznih elemenata).

Abstract The measurement of decontamination factors in solutions and the distribution of Gd^{3+} - Gd-153 ions after a treatment with granulated zeolites have shown that the radioisotopes of gadolinium can be efficiently remuved from the neutral or weakly acid solutions using granulated synthetic mordenite. The influence of pH and the flow rate of solution through the columns, on the decontamination efficiency and on the distribution of Gd^{3+} ions in the columns were investigated.

Literatura

1. Kubota, M., Yamaguchi, I., Okada, K., Morita, Y., Nakano, K. and Nakamura, H.: Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol.26, Elsevier, Amsterdam, 1984, str. 551.
2. Bolton, A.P.: J. Catal, 22 (1971) 9.
3. Musić, S., Gessner, M. and Wolf, R.H.H.: J. Radioanal. Chem., 50 (1979) 91.
4. Hsu, Chun-Nan, Mimura, H., Tenman, M. and Kanno, T.: Res. Inst. Dress. Met., 40 (1984) 38.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10. - 13. lipnja 1985.

Lovašić Z.
Elektroprojekt, Proleterskih brigada 37, 41000 Zagreb
Subotić B.
Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA ZEOLITA ZA OBRADU NISKO I SREDNJE RADIOAKTIVNOG OTPADA IZ NUKLEARNIH ELEKTRANA

Sažetak Ispitana je mogućnost korištenja zeolita u kombinaciji s koprecipitacijom za obradu nisko i srednje-radioaktivnih otpadnih tekućina iz nuklearnih elektrana. U laboratorijskim ispitivanjima korišteni su realni uzorci iz NE Krško. Dobiveni rezultati upućuju na mogućnost korištenja ispitivanih postupaka za poboljšanje postojećih postupaka za obradu nisko i srednje-radioaktinih tekućina iz nuklearnih elektrana ili za njihovu zamjenu.

Uvod

Primjena evaporacije i ionske zamjene s organskim smolama pokazala je određene nedostatke u obradi radioaktivnog tekućeg otpada u nuklearnim elektranama (posebno PWR tipa). Pored pogonskih problema sistema za evaporaciju, javlja se i problem solidifikacije koncentrata zbog negativnog efekta borne kiseline na stvrdnjavanje cementa. Organske izmjenjivačke smole se brzo zasite i postaju neefikasne, a osim toga, vrlo se teško vežu u cementni matriks pa sadašnja praksa solidifikacije smola nije prihvatljiva za trajno odlaganje plitkim ukapanjem. S druge strane, intenzivna istraživanja primjene zeolita upućuju na mogućnost njihovog korištenja u kombinaciji s drugim metodama za potpunu obradu tekućeg radioaktivnog otpada (1-3). U radu je prikazan dio rezultata vlastitih laboratorijskih ispitivanja mogućnosti korištenja zeolita u kombinaciji s koprecipitacijom, za obradu nisko i srednje radioaktivnog tekućeg otpada iz nuklearnih elektrana.

Materijal i metoda

U eksperimentima su korišteni uzorci realnog radioaktivnog otpada iz NE Krško, uzimani iz sistema za preradu tekućeg radioaktivnog otpada. Radioaktivne otopine, sa ili bez dodatka nosača (neradioaktivni izotopi radioizotopa sadržanih u otopini) miješane su sa zeolitom u prahu ili propuštane kroz kolone punjene s granuliranim zeolitima, u cilju uklanjanja radioizotopa iz otopine njihovom zamjenom s Na^+ ionima iz zeolita. Kod upotrebe zeolita u prahu, 1 dm^3 otopine miješan je 1 sat s 1 - 2 g smjese zeolita A, zeolita X i sintetskog mordenita (SM) u omjeru 1:1:1, nakon čega je zeolit odvojen od otopine centrifugiranjem ili filtracijom, a alikvot bistre tekuće faze uzet je za mjerenje

radioaktivnosti A_t . U slučaju korištenja granuliranih zeolita, određen volumen radioaktivne tekućine propušten je određenom brzinom (1 - 14 ml/min) kroz kolone punjene s 5 - 20 g granula koje su sadržavale 50 - 70% aktivne supstance (zeolita). U nekim slučajevima, prije ili nakon tretmana sa zeolitom, otopinama je dodatkom NaOH povećana bazičnost (pH = 7 - 10) i dodana otopina $Fe(NO_3)_3$ pri čemu se, ovisno o pH vrijednosti otopine, istaloži veća ili manja količina Fe(III) hidroksida. Nakon starenja taloga (t_a = 1 h), talog je od otopine odjeljen centrifugiranjem. Bistra tekuća faza korištena je za mjerenje radioaktivnosti A_t i/ili za naknadni tretman sa zeolitom (ukoliko tretman sa zeolitom nije izvršen prije dodavanja Fe(III) nitrata). Faktori dekontaminacije FD, radioizotopa Cs-134 , Cs-137 , Co-58 , Co-60 i Mn-54, postignuti nakon opisanog tretmana radioaktivnih otopina, izračunati su kao: $DF = A_t/A_o$, gdje A_t je radioaktivnost određenog radioizotopa nakon tretmana sa zeolitom i/ili koprecipitacije, a A_o je početna radioaktivnost mjerenog radioizotopa. Za navedene radioizotope, početne radioaktivnosti A_o iznosile su 10^{-4} - 10^{-2} Ci ($3{,}7\times10^6$ - $3{,}7\times10^8$ Bq). Granule u upotrebljenim kolonama su nakon ispiranja s destiliranom vodom razdijeljene u 3 - 6 segmenata i svaki segment je analiziran u cilju određivanja sadržaja, odnosno raspodjele radioizotopa u kolonama. Za uklanjanje radioizotopa joda korišteni su zeolit A, zeolit X i SM (u obliku praha i u obliku granula) u kojima su Na^+ ioni prethodno zamjenjeni s Ag^+ ili Pb^{2+} ionima. Navedene Ag odnosno Pb forme zeolita korištene su za uklanjanje radioizotopa joda na isti način kao i natrijeve forme za uklanjanje radioizotopa u kationskom obliku. Radioaktivnosti A_o i A_t određivane su gama-spekrometrom CANBERRA QUANTA SYSTEM s Ge(Li) detektorom.

Rezultati i diskusija

Preliminarna istraživanja mogućnosti upotrebe zeolita u prahu za uklanjanje radioizotopa iz otpadnih nisko i srednje-radioaktivnih tekućina iz NE Krško nisu dala zadovoljavajuće rezultate; postignuti faktori dekontaminacije bili su znatno niži od faktora dekontaminacije postignutih upotrebom kolona punjenih s granuliranim zeolitima. Kod toga, u svim ispitanim slučajevima, faktori dekontaminacije postignuti u prisutnosti nosača bili su veći od faktora dekontaminacije izmjerenih u otopinama bez prisustva nosača. Utjecaj nosača na postignute faktore dekontaminacije prikazan je u tablici 1.

Interesantno je da promjena brzine protoka u području u = 1 - 14 ml/min ne utječe znatnije na izmjerene faktore dekontaminacije. Neovisnost faktora dekontaminacije o brzini protoka, u ispitivanom području, vjerojatno je uzrokovana velikom vrijednošću odnosa raspoloživog kapaciteta zamjene i koncentracije zamjenljivih iona u otopini, odnosno kratkim vremenom potrebnim da se u datim uvjetima ioni iz otopine zamijene s Na ionima iz zeolita. Drugim riječima, $t_{E(eq)} \quad t_k$, gdje $t_{E(eq)}$ je vrijeme potrebno da se ioni iz diferencijalnog volumena otopine zamijene s Na^+ ionima iz zeolita, a t_K je vrijeme kontakta istog diferencijalnog

volumena otopine s granulama za datu brzinu protoka otopine kroz kolonu.

Tablica 1. Faktori dekontaminacije FD, za radioizotope cezija, kobalta i mangana, bez prisustva i u prisustvu 0,0001 M otopine nosača, postignuti nakon prolaza 100 ml otopine kroz kolone punjene s 15 g (5 g zeolita A, 5 g zeolita X, 5 g SM) granuliranog zeolita uz brzinu protoka od u = 1 ml/min.

	Faktor dekontaminacije FD		
Element	Cs	Co	Mn
bez nosača	150	4,2	7,6
sa 10^{-4} mol dm^{-3} nosača	219	4,8	10,7
% povećanja DF u prisustvu nosača	46	14	48

Ovisnost faktora dekontaminacije o volumenu obrađenog tekućeg radioaktivnog otpada ispitivana je istovremenim korištenjem dvije kolone: jedna kolona sadržavala je 20 g granuliranog zeolita A, dok je druga kolona sadržavala istu količinu smjese granuliranog zeolita A, zeolita X i SM u težinskom odnosu 1:1:1. Kroz obe kolone propušteno je 17000 ml radioaktivne tekućine s brzinom protoka od 10 ml/min, a faktori dekontaminacije mjereni su u alikvotima od 1000 ml. U oba slučaja, izmjereni faktori dekontaminacije u 16000 ml otopine, bili su za radioizotope cezija konstantni i usporedivi s vrijednostima u Tablici 1., nakon čega (V = 17000 ml) se vrijednost faktora dekontaminacije za izotope cezija smanji na $(FD)_{Cs} = 2,5$. Za isti volumen (V = 16000 ml), vrijednosti faktora dekonataminacije za radioizotope kobalta osciliraju izmedu $(FD)_{Co} = 2$ i $(FD)_{Co} = 7$, a vrijednosti faktora dekontaminacije za radioizotope mangana osciliraju izmedu $(FD)_{Mn} = 2,5$ i $(FD)_{Mn} = 10$. Ove oscilacije vrijednosti faktora dekontaminacije vjerojatno su uzrokovane deponiranjem čvrstih čestica korozijskih produkata na granule i smanjivanjem njihove aktivne površine. Dokaz za ovakvu pretpostavku je naglo povečavanje faktora dekontaminacije radioizotopa kobalta i mangana nakon svakog ispiranja kolone (granula) i njegovo smanjivanje tokom daljnjeg zadržavanja korozijskih produkata na granulama. U realnom sistemu, smanjivanje faktora dekontaminacije, uzrokovano depozicijom korozijskih produkata na granule, može se izbjeći prethodnom filtracijom tekućine u cilju uklanjanja čvrstih čestica. Kombinacijom sutaloženja i propuštanja radioaktivne otopine kroz kolone punjene s granuliranim zeolitima, odnosno tretmanom otopine sa Ag ili Pb formom zeolita u prahu, postignuti su faktori dekontaminacije prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Faktori dekontaminacije radioizotopa cezija, kobalta, mangana i joda, postignuti kombiniranim tretmanom (propuštanje otopine kroz kolone punjene s granuliranim zeolitima, koprecipitacija i tretman otopine s Ag ili Pb formom zeolita u prahu) nisko i srednje- radioaktivnog tekućeg otpada iz NE Krško.

Element	Cs	Co	Mn	I
Ukupni faktor dekontaminacije	150 i više	14	48	50

Analizom granula nakon tretmana, utvrdeno je da je cca 50% radioizotopa kobalta i mangana iz tekuće faze vezano na zeolit, a preostali radioizotopi kobalta i mangana vezani su na korozijske produkte ili su u tekućoj fazi otopljeni u obliku koji se ne može zamjenjivati s kationima iz ionskih izmjenjivača (organskih smola ili zeolita), odnosno sutaložiti s Fe(III) hidroksidom. Podaci prikazani u Tablici 2. pokazuju da se upotrebom granuliranih zeolita u kombinaciji s koprecipitacijom i uklanjanjem radioizotopa joda s Ag ili Pb formom zeolita u prahu postižu značajni efekti dekontaminacije radioizotopa prisutnih u nisko i srednje radioaktivnom otpadu. Kod toga, uz iste ili veće faktore dekontaminacije postignute upotrebom zeolita u odnosu na upotrebu organskih izmjenjivača, treba uvažavati druge prednosti zeolita u odnosu na organske smole: veći kapacitet ionske zamjene, dobro mješanje i stvrdnjavanje s cementom (2), selektivnost za pojedine radioizotope (1,4) i mogućnost zamjene u vručim medijima, kao značajan argument u prilog mogućnosti zamjene skupih, uvoznih organskih izmjenjivača sa znatno jeftinijim zeolitima.

Abstract The possibilities of the use of zeolites in combination with coprecipitation in the treatment of low and medium level liquid radioactive waste from nuclear power plants were investigated. Real samples from the Krško nuclear power plant were used in laboratory experiments. The results obtained, points out to the conclusion that the procedures examined may be appied for an improvement of the existing procedures, or even for their substitution.

Literatura

1. Hultgren, A. et. al: Report 1981, STUDSVIK/NW-81/113.
2. Eldsen, A.D., Sims, J. and Harding, K.: IAEA-SM-261/30, IAEA, Vienna, 1983, str. 167.
3. Lovašić, Z. and Subotić, B.: Proc. Int. Symp. Zeolites, u postupku za objavljivanje.
4. Schwuger, M.J., Smolka, H.G. and Curzendörfer, C.P.: Tenside-Detergents, 13 (1976) 305.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Knežević Lj. i Vuković Ž.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

MONITORING SISTEMI ZA KONTROLU GASOVITIH I TEČNIH EFLUENATA NUKLEARNIH ELEKTRANA

Sažetak U radu su prikazani monitoring sistemi koji se najčešće koriste za kontrolu gasovitih i tečnih efluenata nuklearnih elektrana. Kontrola gasovitih efluenata obuhvata merenja radioaktivnosti plemenitih gasova, joda, tricijuma i aerosola, a kontrola tečnih efluenata merenja alfa, beta i gama aktivnosti, kao i posebna merenja radioaktivnosti stroncijuma, cezijuma, tricijuma, joda i radijuma.

Uvod

Kontrola okoline nuklearnih elektrana vrši se iz sledećih razloga: utvrdjivanja da li reaktor ili pomoćni sistemi funkcionišu kao što je planirano, utvrdjivanja doza kojima je izloženo stanovništvo, dobijanja podataka o količini ispuštenih radioaktivnih efluenata i nivoima radioaktivnosti pri normalnim i akcidentalnim uslovima rada nuklearnih elektrana.

Sistemi za kontrolu zagadjivanja okoline nuklearnih elektrana zavise od prirode i količine radioaktivnih polutanata, prirode i korišćenja okolnog zemljišta i populacione distribucije. Površina koja se kontroliše varira od nekoliko kvadratnih kilometara do nekoliko stotina kvadratnih kilometara zavisno od uslova ispuštanja, karakteristika okoline i klimatskih uslova. Merenja se vrše na odredjenim mernim mestima i sa odredjenom frekvencom, koja zavisi od prirode sredine i karakteristika radionuklida.

Sistemi za kontrolu gasovitih efluenata

Obavezni monitoring gasova je propisan normativnim aktima, radi kontrole ispuštanja radioaktivnosti i uporedjivanja sa standardima. Ako je količina ispuštene radioaktivnosti veća od standarda, preduzimaju se odgovarajuće mere. Instrumentacija za obavezni monitoring aktivnosti gasova mora da ima tačnost u ograničenom opsegu osetljivosti oko nivoa standarda.

U SR Nemačkoj na svim dimnjacima PWR i BWR nuklearnih elektrana mere se radioaktivni plemeniti gasovi, aerosoli, ^{131}J i tricijum. Identifikacija radionuklida vrši se Ge(Li) detektors-

kim sistemom. Za merenje beta emitera koriste se plastični scintilacioni detektori, a za merenje gama emitera proporcionalni brojači. Koncentracija aerosola meri se kao radioaktivnost zadržana na filtru. Tricijum se meri iz kondenzovane vodene pare. Merenje joda posle odgovarajućeg uzorkovanja vrši se NaJ scintilacionim detektorom.

Za kontrolu radioaktivnosti i doza zračenja u okolini NE kao i za kontrolu pri neočekivanim dogadjajima, postoje posebni kompleksni programi kontrole.

U Francuskoj se za merenje radioaktivnosti gasovitih efluenata koristi GM brojač za beta i alfa čestice i fotone, ZnS detektor za alfa čestice, jonizaciona komora za gama zračenje i beta zračenje.

U Sovjetskom Savezu za sve tipove nuklearnih VVER elektrana koriste se sistemi koji funkcionišu samostalno ili su uključeni u centralni sistem radijacione kontrole CIISRK (centralni informaciono-merni sistem radijacione kontrole).

Sistemi za kontrolu radioaktivnosti ispuštenih gasova iz CANDU reaktora imaju Ge(Li) detektore za gamaspektrometrijska merenja plemenitih gasova, gama radioaktivnost plemenitih gasova meri se plastičnim scintilacionim detektorom, tricijum se meri tečnim scintilacionim brojačem kao tricijumoksid, a čestice i jod se mere detektorom NaJ.

U slučaju potrebe rutinski program merenja aktivnosti gasova proširuje se u monitoring sa pokretnim uredjajima čija veličina varira od malog prevoznog sredstva opremljenog instrumentima za uzorkovanje vazduha, do velikih kamiona opremljenim višekanalnim analizatorima, analitičkom laboratorijskom opremom i brojačima za merenje radioaktivnosti sa odgovarajućom zaštitom.

Za obavljanje rutinske kontrole velikih aerala oko nuklearne elektrane može da se pored primarnog sistema za kontrolu koristi i sistem namenjen za kontrolu u slučaju nepredvidjenih dogadjaja.

Sistemi za kontrolu tečnih efluenata

Tečni radioaktivni efluenti kontrolišu se na mestu izlivanja iz NE u recipijent, pre i posle izlivanja u vodotoku, u pomoćnim sistemima NE koji služe za obradu radioaktivnih voda, u procesnim sistemima sa cirkulacijom rashladne i pogonske vode i na mestima za stokiranje otpadnih voda.

Tečni radioaktivni efluenti u Saveznoj republici Nemačkoj mere se kontinualno na mestu izlivanja iz NE i u pojedinim sistemima za rashladnu i procesnu vodu. Identifikacija radionuklida vrši se Ge(Li) detektorom sa automatskim odredjivanjem pojedinih radionuklida. Tricijum se odredjuje tečnim scintilacionim detektorom. Stroncijum se posle radiohemijske separacije meri na antikoincidentnom brojaču. Pri neočekivanim dogadjajima postoje posebni kompleksni programi kontrole.

U Francuskoj se za merenje radioaktivnosti tečnih efluenata GM brojači za beta i alfa čestice, proporcionalni brojači za alfa i beta zračenje, scintilacioni detektori za beta i alfa čestice, a identifikacija radionuklida se vrši Ge(Li) detektorima. Meri se ukupna beta, ukupna alfa i ukupna gama radioaktivnost, ^{3}H, ^{226}Ra, ^{90}Sr i jod.

U Indiji se tečni radioaktivni efluenti mere u statičkim laboratorijskim uslovima sa Na(Tl) i Ge(Li) detektorima.

U Sovjetskom Savezu se kontrola tečnih efluenata vrši u stacionarnim uslovima i monitoring sistemom u okviru centralnog informaciono mernog sistema radijacione kontrole (CIISRK).

U CANDU sistemima tečni radioaktivni efluenti mere se kontinualno na mestu izlivanja i diskontinualno u laboratorijskim uslovima. Koriste se GM brojači za merenje beta i gama zračenja i tzv. sendvič scintilacioni fosfori koji se sastoje iz kristala CaF_2, NaJ i kvarca.

U poslednje vreme za gamaspektrometrijska merenja koriste se detektori na bazi čistog germanijuma kao i poluprovodnički detektori na bazi CdTe odnosno HgJ_2.

Zaključci

U radu su razmotreni sistemi za obavezni monitoring gasovitih i tečnih efluenata nuklearnih elektrana.

Sve nuklearne elektrane po pravilu imaju kontinualnu i diskontinualnu kontrolu radioaktivnosti efluenata.

U gasovitim efluentima najčešće se meri radioaktivnost plemenitih gasova, aerosola, tricijuma i joda.

U tečnim efluentima najčešće se meri ukupna alfa, beta i gama radioaktivnost, ^{3}H, ^{90}Sr, ^{226}Ra, ^{137}Cs i jod.

Za spektrometrijska merenja koriste se Ge(Li), NaJ(Tl), Ge, CdTe i HgJ_2 detektori.

Monitoring sistemi se razlikuju ne samo za različite tipove

nuklearnih elektrana i reaktora, već i za iste tipove nuklearnih objekata.

Abstrakt

Monitoring sistems for measaurement radioactivity of gaseous and liquid effluents are examined in this work. Gaseous control inoluded mesaurement iodine, tritium, noble gases and aerosols. Liquid control included mesaurement alfa, beta and gama activity as well as tritium, iodine, strontium, radium and caesium activity.

Literatura

1. Drndarević, V.: Savetovanje Društva za zaštitu od zračenja SR Srbije, Beograd, 1984.
2. Muždeka, S.: Enviromental monitoring, Beograd, 1977.
3. Knežević, Lj. i Vuković, Ž.: Sistemi za kontrolu zagadjivanja okoline NE, Beograd, 1984.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Tomić B. i Vojnović B.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

PROCJENA SIGURNOSTI NUKLEARNIH ELEKTRANA PROBABILISTIČKOM METODOM

Sažetak: U radu se daje kratak pregled metoda probabilističke analize rizika nuklearnih elektrana sa posebnim osvrtom na sadržaje pojedinih faza analize i interpretaciju dobivenih rezultata.

Uvod

Metodologija procjene sigurnosti nuklearnih elektrana od prvih se početaka razvoja nuklearne energetike bazirala na determinističkom pristupu, koji je još i danas u većini zemalja glavni oslonac regulatornim organima u njihovim analizama i donošenju odluka. Razvojem i usavršavanjem tehnički sistemi su postajali sve složeniji pa se ukazala potreba za razvijanjem metode koja će pokriti nedostatke determinističkog pristupa, odnosno dati sveobuhvatan model nuklearnog postrojenja sa stanovišta mogućeg rizika po okolinu. Rješenje je prihvaćeno u obliku probabilističke analize rizika (PRA), koja uzima u obzir slučajne događaje koji mogu izazvati ili predstavljaju kvarove te procjenjuje vjerojatnost mogućih posljedica (rizik). Sama metoda je razvijena u zračnom saobraćaju i avionskoj industriji koja se prva suočila sa zahtjevom visoke pouzdanosti.

Prva kompletna PRA studija nuklearnih elektrana izrađena je 1975. god. i objavljena s naslovom "Reactor Safety Study", odnosno WASH-1400 i obuhvatila je po jednu NE tipa BWR i PWR. Nakon njene pojave provedena je široka rasprava o adekvatnosti metodologije, uvrštenim podacima i nesigurnosti dobivenih rezultata, da bi se nakon poznatog akcidenta nuklearne elektrane TMI, čija je sekvenca događaja bila identična sekvenci obrađenoj u WASH-1400 naglo pojavila velika zainteresiranost i potaknuta izrada mnogih PRA studija za postrojenja kako u pogonu tako i u

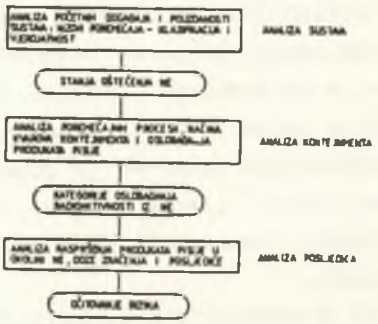
svim fazama projektiranja odnosno izgradnje. Time je identificiran niz slučajeva neadekvatnih projekata i neodgovarajuće opreme što je dovelo do preinaka na nekim postrojenjima u pogonu (Calver Cliffs, Oconee) ili u fazi dizajna (Sizewell B).

2 Faze probabilističke analize rizika.

Sažeto opisujući, PRA je način konstruiranja vjerojatnosnog modela čiji je cilj određivanje rizika od radioaktivnog ispuštanja u okolinu zbog mogućih kvarova unutar NE. Kada se govori o kompletnoj PRA studiji možemo je razgraničiti u tri odnosno četiri faze. To su:

1) analiza sistema (postrojenja) nuklearne elektrane u radu
2) analiza fizikalnog toka kvarova u sistemu
3) analiza posljedica pretpostavljenog katastrofalnog kvara.

U novije je vrijeme uobičajeno da se četvrtom fazom PRA naziva analiza utjecaja vanjskih događaja (poplava, udar aviona i sl.). Taj se dio ipak ne može promatrati kao zasebna faza, jer se analiza vanjskih događaja uključuje u sve tri faze, ali mnoge su studije izrađene, odnosno izrađuju se bez analize vanjskih događaja, pa od tuda i naziv "četvrta faza".



Sl.1 Faze PRA

1) Prva faza PRA u sebi uključuje modeliranje postrojenja i njegov odziv na poticajne kvarove da bi se dobio brojčani rezultat o frekvenciji oštećenja (topljenja) jezgre reaktora. Za modeliranje sistema koriste se dvije osnovne metode: stablo kvara i stablo događaja. Stablo kvara je model sistema, podsistema ili grupe komponenti koji, uzimajući u obzir fizičku i funkcio-

nalnu vezu komponenti, modalitete kvara, utjecaj ljudske pogreške i neraspoloživosti radi testiranja i održavanja, daje vjerojatnost nefunkcioniranja (otkaza) istih u određenom vremenskom intervalu. Uključivši poticajni događaj (npr. LOCA) i sve sisteme (grupe komponenti) koji su potrebni za njegovo savladivanje modelira se stablo događaja, odnosno kao rezultat dobiva se nekoliko sekvenci kvara s vjerojatnostima pojava od kojih uobičajeno samo manji dio dovodi do oštećenja odnosno topljenja jezgre.

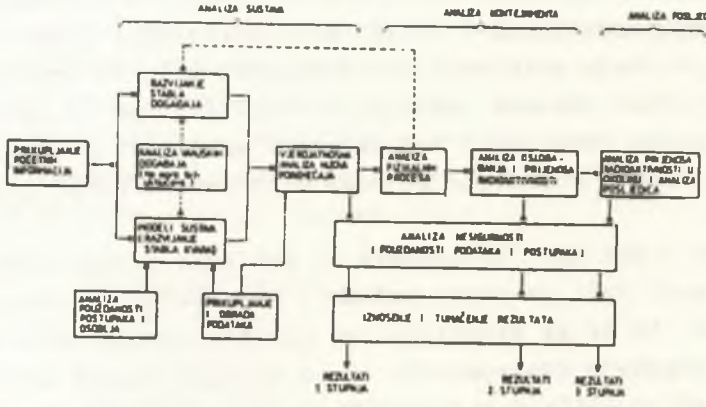
2) U drugoj se fazi provode dvije vrste analize. To su analize fizikalnog procesa u jezgri, reaktorskoj posudi, primarnom krugu i kontejnmentu i analiza oslobađanja, transporta i depozicije radionuklida unutar kontejnmenta. Rezultati prve faze daju vrlo veliki broj sekvenci akcidenta, ovisno o inicijalnom događaju i uspješnom odnosno neuspješnom djelovanju pojedinih sistema. Uključivanje svih sekvenci u analizu bilo bi nepraktično i ne bi donijelo nikakve značajnije rezultate, pa se sekvence rangiraju prema relativnoj važnosti ili grupiraju prema sličnim karakteristikama, a kasnije se analizira samo tipični predstavnik grupe.

Ovisno o sekvenci akcidenata do gubitaka integriteta kontejnmenta može doći na razne načine i u različitim vremenskim intervalima. Da bi se kvantificirao gubitak integriteta razvija se stablo događaja kontejnmenta, koje opisuje moguće putove ispuštanja radionuklida u okolinu. U analizi fizičkog toka akcidenata modeliraju se način loma reaktorske posude, načini hlađenja krhotina jezgre nakon loma reaktorske posude, utjecaj vodika odnosno mogućnost eksplozije i njene posljedice, parna eksplozija kao i deponiranje radionuklida na konstrukcionim dijelovima kontejnmenta, cjevovodima i ostaloj opremi. Takvim se modeliranjem dolazi do procjene količine radionuklida koji izlaze u atmosferu ili ulaze u zemlju ako vruće krhotine jezgre prođu kroz dno kontejnmenta. Način na koji se gubi integritet kontejnmenta igra značajnu ulogu u trećoj fazi PRA, tj. analizi posljedica, zbog različitih količina oslobođenih radionuklida.

3) Treća faza PRA analizira raspršenje radioaktivnosti u okolinu procjenjujući posljedice za zdravlje ljudi i ekonomske posljedice pojedinih sekvenci akcidenta. Analiza započinje identifikacijom ukupne količine pojedinih radionuklida koji su ispu-

šteni u okolinu. Upotrebom odgovarajućih vjerojatnosnih modela koji uključuju meteorološke, hidrološke, demografske i topografske elemente lokacije dobivaju se vjerojatnosti stradavanja ljudi i imovine u okolici NE.Uobičajeno se rezultat treće faze PRA (a to je ujedno i rezultat čitave studije) prikazuje u obliku krivulje koja daje zavisnost broja umrlih odnosno broj osoba koje obole od raka o frekvenciji tih slučajeva.

Iz ovog kratkog opisa sadržaja pojedinih faza PRA vidljiva je opsežnost i multidisciplinarnost posla koji je potreban za njihovo provođenje. Američke procjene govore da je za provedbu kompletne studije potrebno od 135 do 386 čovjek/mjeseci ovisno do kojeg nivoa se sistem odnosno fizikalni procesi žele analizirati.



Sl. 2 Postupak provedbe PRA

3 Primjena rezultata PRA studije

U mnogim zemljama se razmatra šira upotreba PRA u regulatornom procesu. U regulativi V. Britanije je djelomično ugrađen probabilistički pristup po kojem se traži da frekvencija pojedinih događaja bude niža od određenih postavljenih granica. U SAD se očekuje da bi nova NE za koju se traži dozvola morala imati izrađenu kompletnu PRA studiju. Slični pristupi pojavljuju se u i SR Njemačkoj a i drugdje.

Upotrebu rezultata također možemo promatrati po pojedinim fazama. Sa stanovišta zaštite od zračenja svakako je najistaknutija treća faza odnosno posljedice na okolinu od katastrofalnih akcidenata u nuklearnim postrojenjima. U dosadašnjim deter-

minističkom pristupu kriterij prihvatljivosti bio je baziran na dozi koju bi hipotetski pojedinac smio primiti na pojedinim radijalnim udaljenostima, dok probabilistički pristup dopušta kriterij baziran na potencijalno primljenim dozama svog okolnog stanovništva. Procjenu lokacije upotrebom samo treće faze PRA, odnosno "postavljanjem" hipotetske NE na određenu lokaciju upotrebljavajući "generic source term" je pristup prihvaćen u Finskoj, i djelomično V. Britaniji što organu zaduženom za izdavanje lokacionih dozvola daje dodatni kriterij za adekvatnu procjenu i usporedbu prikladnosti različitih predloženih lokacija. Treća faza PRA je također upotrebljiva za pripremu odnosno reviziju planova za slučaj katastrofalnog akcidenta, iako se tu javlja problem izuzetno niske frekvencije povezan sa značajnom nesigurnošću rezultata.

Najizrazitiju primjenu već danas ima prva faza PRA koja predstavlja analizu pouzdanosti sistema. Kao što je već prije spomenuto nakon TMI akcidenta izrađene su mnoge studije i otkrivene mnogobrojne slabe točke pojedinih postrojenja. PRA metode mogu obuhvatiti posljedice inicijalnih događaja i analizirati višestruke kvarove opreme (common cause) i pridodane ljudske greške,što je predstavljalo gotovo nerješiv problem projektantima i operatorima postrojenja. Analizirajući dobro modeliran sistem mogu se adekvatnim postupkom razmjerno jednostavno istaknuti njegove najosjetljivije točke. Upotrebom dvaju mjera važnosti (mjera smanjenja rizika RRW i mjera povećanja rizika RAW) mogu se unutar postrojenja/sistema istaknuti ključni sistemi/komponente, koje bi trebalo poboljšati odnosno održavati na određenom nivou pouzdanosti da bi se rizik smanjio na najmanju moguću mjeru. Svoju primjenu prva faza PRA nalazi i u planiranju testiranja i održavanja postrojenja. Detaljnom analizom, uključujući neraspoloživost zbog testiranja kao i neraspoloživost radi kvarova na redundantnoj opremi može se dobiti optimum i time, osim materijalnih ušteda i povećanje sigurnosti postrojenja. PRA metode su i značajna pomoć projektantima sistema kako u početnoj tako i u detaljnoj fazi projekta gdje se pravilnom upotrebom mogu rješiti pitanja potrebne redundancije i diverziteta. U procesu raznih poboljšanja ili dodavanja opreme na postojeće postrojenje može se PRA metodama naći optimum kao i detaljno sagledati sve posljedice bilo kakovih izmjena.

Zaključak

U svijetu već postoji dosta značajno iskustvo u provođenju PRA analiza, ali je potrebno istaknuti i ograničenja kojima se mora posvetiti pažnja u provođenju ovih analiza. Prvo ograničenje predstavlja vjerodostojnost podataka o pouzdanosti komponenti. Iako su tzv. "data bases" nastale uglavnom dugotrajnim praćenjem rada većeg broja nuklearnih elektrana u podacima se javlja rasipanje od najmanje reda veličine. Međutim, potrebno je istaknuti da vrijednost PRA nije u apsolutnom iznosu dobivenog rezultata, nego u sveobuhvatnoj kvalitativnoj analizi koja ukazuje na slaba mjesta u sistemu. Drugo su ograničenje nesigurnost, koje osim nesigurnosti podataka obuhvaćaju i nesigurnost modela i sveobuhvatnosti analize. Zato je razvijeno nekoliko metoda za određivanje nesigurnosti pa se rezultati mogu prikazivati unutar intervala (confidence interval).

U Jugoslaviji se na PRA metodama radi intenzivnije u posljednje dvije godine. Za sada su usvojene metode prve faze PRA i provjereno nekoliko kompjutorskih programa za tu namjenu, pa se očekuje jače uključivanje u programe analize NEK-a i NEP-a. Paralelno s time se prati rad u svijetu u ostalim fazama PRA i njihovoj primjeni. Za sada je realno očekivati da u doglednoj budućnosti bude u Jugoslaviji izrađena kompletna prva faza PRA uz adekvatan angažman stručnjaka raznih institucija.

Abstract

This paper briefly discuss contents of all phases of PRA analysis and use of their results.

Literatura

1. PRA Procedure Guide, NUREG-CR 2300, USNRC 1.83.
2. Predavanja sa IAEA Training Coursea "PRA Methods in Safety Analysis of NPP", ANL, Argonne, Ill. USA, 5.9-6.10.83.
3. Materijali sa IAEA "Seminar on Implications of PRA", Blackpool, U.K., 3.1985.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula,10-13. juna 1985.

Hajduković D.,Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović"-Beograd
Prijatelj I.,SVD, Rudnik urana Žirovski Vrh-Gorenja Vas

SIMULTANA KONTROLA IZLOŽENOSTI ŠTETNIM AGENSIMA RADNIKA U URANSKOM RUDNIKU KOD MENJANJA USLOVA VENTILACIJE

Rezime:U cilju optimizacije zaštite praćene su na radilištu koncentracije radona (Bq/m^3); potomaka radona (WL); koncentracije gasova :CO, CO_2 , O_2 (vol %) ; broj čestica prašine odredjivan koniometrijski: ukupan broj, broj organskih, broj mineralnih čestica (n/cm^3) i gravimetrijski : ukupan brpj , broj organskih, broj mineralnih respiratornih i respiratornih SiO_2 (mg/m^3) u uslovima menjanja ventilacije -uključivanjem 4 ili 2 ventilatora.

Uvod Služba zaštite intenzivno duže vremena radi na odredjivanju najoptimalnijih uslova na radilištima rudnika urana .U tom cilju pored ostalih istraživanja obradjeno je više radilišta praćenjem raznih štetnih agenasa kojima su izloženi radnici u rudniku kod različitih radnih operacija a pri čemu je menjan intenzitet ventilacije.

Metodologija

Praćene su promene na radilištu kroz dve smene da bi se obuhvatile sve radne operacije pod istim uslovima provetrenosti.Jednog dana su bila uključena 4 ventilatora a drugog 2 ventilatora.

Prilikom rada 4 ventilatora na radilištu su izmereni ventilacioni parametri: Q= 8,45 do 11,37 m^3/s ; v=0,46 do 0,62 m/s ; T=11,1 do 12,5 °C i Rv= 85,5 do 94,5%a u slučaju uključena 2 ventilatora : Q=2,76 do 7,68 m^3/s ; v=0,15 do 0,42 m/s ; T= 12 do 12,5°C i Rv =97% .

Vršena su radiometrijska merenja koncentracija radona i njegovih potomaka, koniometrijska merenja čestica respirabilne prašine do 5 µm ,broj čestica po cm^3 ; gravimetrijska merenja težinski izraženih mg po m^3 . Mereni su gasovi : CO i CO_2 izraženi u vol % kao i potreban O_2 .

Praćene su razne radne operacije i delatnosti na radilištu a u tabelama koje slede daju se one najvažnije : bušenje , stanje nakon miniranja, poslovi utovara i odvoza. Kontrole su vršene na

TAB.1 -RADNA OPERACIJA : BUŠENJE MINSKIH RUPA

Izmerene koncentracije	MDK	MER. JED.	na ULAZU v.s. uk. 4 vent.	na ULAZU v.s. uk. 2 vent.	na RADILIŠTU uk.4 vent.	na RADILIŠTU uk.2 vent.
Koncentracije radona	1110	Bq/m^3	359	1190	914	1448
Koncentracije potomaka	0,3	WL	0,01	0,08	0,05	0,28
faktor ravnoteže	.	.	0,10	0,25	0,20	0,71
Koniometr.ukup.broj čest		n/cm^3	1 do 54	36 do 264	20 do 81	50 do 197
Organske čestice		n/cm^3	0 do 19	11 do 238	1 do 39	40 do 114
Mineralne čest.praš.	200/cm^3		1 do 37	5 do 46	14 do 45	45 do 152
Gravimetr.skupna praš.		mg/m^3	0,034	0,016	0,034	0,012
Organska respir.praš.		mg/m^3	0,0017	0,0088	0,0017	0,0063
Mineralna resp.praš.		mg/m^3	0,021	0,045	0,069	0,020
Respirab. SiO_2	0,09	mg/m^3	0,008	0,001	0,018	0,011
Gas CO	0,005	vol%	0,00002	0,1 do 0,2	0,00002	0,40
CO_2	0,50	vol%	0,05	0,10	0,10	0,20
O_2 .. potreba min:	19	vol%	20,55	20,55	20,55	20,45

TAB.2 -RADNA OPERACIJA: POSLE MINIRANJA rude 44t - 1159g/t

Koncentracija radona	1110	Bq/m^3	422	666	3634	13389
Koncentracije potomaka	0,3	WL	0,01	0,08	0,37	0,74
faktor ravnoteže	.	.	0,08	0,44	0,37	0,20
Koniometr.ukup.broj čest		n/cm^3	1 do 24	12 do 122	do 1470	do 1370
Organske čestice		n/cm^3	0 do 4	3 do 45	do 5	do 45
Mineralne čestice	200/cm^3		0 do 18	1 do 70	1130	1180
Gravimetr.skupna praš.		mg/m^3	0,062	0,370	.	54,86
Organska resp.praš.		mg/m^3	0,0018	0,0052	.	0,0057
Mineralna resp.praš.		mg/m^3	0,037	0,094	.	5,665
Respirab. SiO_2	0,09	mg/m^3	0,011	0,039	.	2.155
Gas CO	0,005	vol%	0,00002	0,2 do 0,3	0,00013	0,40
CO_2	0,50	vol%	0,05	0,15do 0,2	0,15	0,15
O_2 .. potreba min.:	19	vol%	20,75	20,60	20,75	20,75

TAB.3 -RADNA OPERACIJA : UTOVAR i ODVOZ RUDE (44t-1159g/t)

Izmerena koncentracija	MDK	MER. JED.	na ULAZU uk.4 vent.	na ULAZU uk.2 vent.	na RADILIŠTU uk.4 vent.	na RADILIŠTU uk.2 vent.
Koncentracija radona	1110	Bq/m^3	259	418	1413	3214
Koncentracija potomaka	0,3	WL	0,02	0,04	0,06	0,26
faktor ravnoteže	.	.	0,28	0,33	0,15	0,29
Koniometr.ukupan.broj.		n/cm^3	1 do 67	10 do 163	do 104	do 220
Organske čestice		n/cm^3	0 do 57	9 do 157	do 62	do 170
Mineralna čest.praš.	200	n/cm^3	1 do 7	1 do 46	do 40	do 43
Gravimetr.skupne praš.		mg/m^3	0,043	0,052	0,141	0,680
Organs.resp.praš.		mg/m^3	0,0029	0,0055	0,0047	0,0097
Mineral.resp.praš.		mg/m^3	0,030	0,036	0,030	0,093
Respirab. SiO_2	0,09	mg/m^3	0,011	0,013	0,031	0,031
Gas CO	0,005	vol%	0,00002	0,1 do 0,2	0,00005	0,5
CO_2	0,50	vol%	0,02	0,05	0,10	0,25
O_2 ..potreba min.:	19	vol%	20,70	20,70	20,65	20,45

TAB.4 -RADNA OPERACIJA :UTOVAR i ODVOZ (11t-332g/t; 11t-180g/t ; 5t-37g/t ...)

Koncentracija radona	1110	Bq/m^3	333	480	520	750
Koncentracija potomaka	0,3	WL	0,01	0,02	0,03	0,07
faktor ravnoteže	.	.	0,11	0,15	0,21	0,35
Koniometr.ukup.broj.čs		n/cm^3	2 do 43	41 do 103	do 112	do 218
Organske čest.		n/cm^3	0 do 21	23 do 42	do 72	do 124
Mineralne čest.	200	n/cm^3	1 do 17	10 do 32	do 42	do 64
Gravimetr.skupna praš.		mg/m^3	0,043	0,050	0,140	0,140
Organska resp.praš.		mg/m^3	0,002	0,005	0,0047	0,0047
Mineral.resp.praš.		mg/m^3	0,030	0,030	0,031	0,065
Respirab. SiO_2	0,09	mg/m^3	0,011	0,013	0,020	0,020
Gas CO	0,005	vol%	0,00002	0,2	0,00005	0,35
CO_2	0,50	vol%	0,02	0,06	0,08	0,20
O_2 .. potreba min.	19	vol%	20,65	20,65	20,55	20,45

ULAZU vazdušne struje ,gde se iz glavnog toka sveže vazdušne struje njom snabdeva radilište i na RADILIŠTU ili izuzetno na izlasku vazdušne struje sa radilišta ,ukoliko je pristup radilištu nepodesan za obavljanje merenja.

Zbirni rezultati merenja na jednom radilištu daju se u tabelama od 1 do 4.

Diskusija i zaključci

Uopšte uzev i u slučaju pojačane ventilacije ili smanjene tj. kada su upotrebljena 4 ili 2 ventilatora,snabdevenost radilišta potrebnim količinama vazduha je zadovoljavajuća.

Posebno se opaža da su najosetljivije promene koncentracija radona kada se menjaju uslovi ventilacije,posebno kada se radi o stanju na radilištu ubrzo posle miniranja ili u slučaju mehaničkog utovara i odvoza rudnog materijala ,kada dolazi do veće dezintegracije rudnog materijala i oslobadjanja većih količina radona iz pukotina stena.Tada dolazi i do pojave koncentracija radona iznad dopustivih vrednosti ali se sa ovako primenjenom ventilacijom stanje ubrzo normalizuje.

Uočljive su promene i kod koniometrijskog odredjivanja broja čestica prašine ali je njihovo narastanje u granicama tolerantnim.

Dolazi takodje i do porasta gravimetrijski merene prašine prilikom smanjivanja efikasnosti ventilacije i u zavisnosti od radnih operacija na radilištu, tako da se može reći,da se ono ponaša na način kako se menjaju i koncentracije radona.

Na sličan način ovom,dolazi i do povećanja koncentracija CO.

Napomena: Autori izražavaju svoju zahvalnost svim učesnicima u akcijama ovih istraživanja.

SIMULTANEOUS CONTROL OF EXPOSURE TO HAZARDOUS AGENCIES IN URANIUM MINE WORKERS BY DIFFERENT VENTILATIO CONDITIONS

Summary :In order to optimize a protection on the working sites there were followed up the concentrations of radon (Bq/m^3),radon daughters (WL) and the following gasses:CO,CO_2, NO_x and O_2 (vol %), as well the numberof dust particles by means of konometry: total number,number of organic and mineral particles (n/cm^3) and by means of gravimetry:total number,number of organic and mineral resporable particles and SiO_2 (mg/m^3) all in the conditions of changeable ventilation-by 4 or 2 fans operating.

Literatura:

1.RUŽV- SVD -Izveštaji i Elaborati(1983)

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula,10-13. juna 1985.

Hajduković Danilo i Vukotić Mirjana, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" -Beograd

Prijatelj Ivo, SVD, Rudnik urana Žirovski Vrh-Gorenja Vas

KONTROLNA MERENJA RADONA I POTOMAKA U RUDNIKU URANA ŽIROVSKI VRH (1961-1984)

Rezime: U periodu 1961-1984 godine vršena su kontrolna merenja koncentracije radona 222 i potomaka u rudniku urana Žirovski Vrh. Merenja ukazuju na stalno smanjivanje koncentracija :od srednjih vrednosti 83.176 Bq/m^3 (1961-1965) do 2149 Bq/m^3 (1975-1980). Srednje koncentracije u periodu 1980-84 kretale su se u granicama dozvoljenih a što je rezultat izmene tehnologije eksploatacije i ventilacije kao i ostalih mera zaštite.

Uvod

Kontrolna merenja koncentracija radona 222 u vazduhu radne sredine u rudniku urana Žirovski Vrh ,započeta su od strane Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu u Beogradu , aprila 1961.godine na potkopu P1 i vrše se još uvek sa nekim manjim vremenskim prekidima.

Rudnik je od tada,od jednog početnog istražnog hodnika na P1 prerastao u savremen rudnik ,u kome su ,od prvih istražnih aktivnosti do sada izvršene znatne izmene u eksploataciji : od ručnih bušenja,utovara i guranja vagoneta , prešlo se na punu mehanizaciju , od klasičnih hodnika i prolaza koji su ispunjavali tadašnje minimalne uslove ,sada postoje široki profili koji omogućavaju prevoz velikim transporterima i utovarivačima. Uslovi ventilacije su izmenjeni i od prirodne insuficijentne ,sada postoji mehanička intenzivna ventilacija. Naravno ove promene su bile u etapama i na izvestan način ove izmene i modernizacije ogledaju se i u pogledu izmerenih koncentracija radona i potomaka u raznim vremenskim periodima.

Metodologija

Merenje koncentracija vršeno je u kontrolne svrhe povremeno i po potrebi .Uzimanje uzoraka i merenje koncentracija obavljano je na radilištima, hodnicima, vetrenim stanicama a posebno su kontrolisane izlazne vazdušne struje i neventilirana stara radilišta gde ljudi nisu radili. Merenje radona je obavljano scintilaci-

onom tehnikom (1) a počev od 1964.godine vršena su merenja i koncentracije radonovih potomaka uzimanjem uzoraka na filtru i merenjem u jami prenosnim scintilacionim brojačkim uredjajima.(2)

Rezultati merenja (3) i (4) prikazivani su u "pCi/l vazduha" do usvajanja sistema novih jedinica i od tada u"Bq/m^3". Kako se radi o dužem vremenu posmatranja i merenja ,rezultati u ovom radu će biti prikazani u "Bq/m^3" a u zagradama biće date i vrednosti "pCi/l".

Važno je napomenuti da je MDK za radon 222 do 1979.godine bila 11.110 Bq/m^3 (odn. 300 pCi/l) na osnovu preporuke ICRP iz 1956.god. a da je od 1979.godine uvedena 10 puta strožija mera -srednjeg godišnjeg dopuštenog unošenja inhalacijom tj. 1110 Bq/m^3 (odn. 30 pCi/l).

Rezultati merenja su obradjeni na osnovu izmerenih koncentracija radona , jer iz ranijeg perioda postoji veći broj merenja radona od merenja koncentracija potomaka. Medjutim ,usvajajući faktor ravnoteže radona i potomaka od F=0,5 iz srednje vrednosti koncentracija za radon ,biće preračunate vrednosti srednjih koncentracija i za radonove potomke odn. WL.

Rezultati merenja

Rezultati se daju skupno po periodima kada je vršena kontrola.

1) Period 1961-65

Prva obavljena kontrola merenja bila je 15.IV.1961.godine kada je na potkopu P1 čelo hodnika bilo udaljeno od ulaza 50 metara Koncentracije radona bile su reda 37.000 Bq/m^3 (odn. 10^{-9}Ci/l) i radilište je bilo veoma zaprašeno. Kasnije u 1964 :maksimalna izmerena koncentracija bila je 121.470 Bq/m^3 ($3,31 \times 10^{-9}$Ci/l) prilikom vršenja radiometrijskih proba ; u 1965.god prilikom utovara rude - 150.960 Bq/m^3 ($4,08 \times 10^{-9}$ Ci/l) ili izmereno posle miniranja - 253.820 Bq/m^3 ($6,86 \times 10^{-9}$ Ci/l) . Kada se uzmu u obzir radilišta gde su radili ili prolazi gde su se kretali radnici ima se srednja vrednost:

---

n=181 ; $\bar{X}_{Rn}$ =83.176 ±105.478 Bq/m^3 (odn.2248±2850 pCi/l)

srednja vrednost za $\overline{WL}$ = 11

---

2) Period 1965-70

U početku 1965.god uvedena je delimična a kasnije dosta efikasna za tadašnje potrebe,mehanička ventilacija.To je bio period inte-

zivnih istražnih radova,ručno bušenje,transport vagonetima,profili hodnika najmanje mogući.Izmerene su veće koncentracije 1966:35.594 i 121.730 Bq/m^3 (962 i 3290 pCi/l) kod dubinskih bušenja i kod radiometrijskih merenja. U 1967: 16.794 i 43.290 Bq/m^3(454 i 1170 pCi/l) kod utovara rude i kod vetrene postaje na hodniku. U 1968: 38.480 i 16.354 Bq/m^3(1040 i 442 pCi/l) posle miniranja i priprema za bušenje. U 1969: 9545 i 14.948 Bq/m^3(258 i 404 pCi/l) na hodnicima. U 1970: 252.710 i 22.200 Bq/m^3 (6.830 i 600 pCi/l) na radilištu na H430 i prilikom mehaničkog utovara.

---

n=439 $\overline{X}_{Rn}$ =11,854±17.670 Bq/m^3 (320 ± 477 pCi/l) $\overline{WL}$=1,6

---

3) Period 1970-75

U ovom periodu vršene su istrage,eksperimentisalo se sa ventilacijom i vršena je povremeno eksploatacija. Izmerene su povremeno veoma visoke koncentracije. U 1971.g.: na hodniku 281.200 Bq/m^3 (ili 7.600 pCi/l) ,kod dubinskog bušenja 98.605 Bq/m^3(2.665 pCi/l). U 1972: najveće vrednosti bile su na prolazima 68.931 Bq/m^3(1.863 pCi/l) zatim na čelu hodnika . Kasnije je ventilacija poboljšana i u 1973 i 1974 bilo je izmereno 14.430 Bq/m^3(390 pCi/l) kod utovara rude ; 11.240 Bq/m^3 (304 pCi/l) kod dubinskog bušenja. Slično i u 1975 : 12.432 Bq/m^3(336pCi/l) kod dubinskog bušenja.

Srednja vrednost koncentracija radona i potomaka:

---

n=268 $\overline{X}_{Rn}$= 11.411± 27.785 Bq/m^3(308± 750 pCi/l) $\overline{WL}$=1,54

---

4) Period 1975-80

Intenzivno se radi na proširenju profila hodnika da bi se uveli dizel transporteri i mehanizirao rad.Otvaraju se novi potkopi.Radi se na poboljšanju ventilacije.

Kod operacije bušenja koncentracija 5291 Bq/m^3(143pCi/l) ,ili 4699Bq/m^3(127pCi/l) , bušenje Tamrokom 1036Bq/m^3(28 pCi/l), kod dubinskog bušenja 703Bq/m^3(19pCi/l),radovi na proširenju hodnika 925 Bq/m^3(25pCi/l) i 1295Bq/m^3(35pCi/l).

Srednja vrednost koncentracija radona i potomaka:

---

n=219 $\overline{X}_{Rn}$=2149± 3377Bq/m^3(58±91pCi/l) $\overline{WL}$= 0,29

---

5) Period 1980-84

U ovom periodu rudnik je modernizovan, sa efikasnom ventilacijom, veoma mehanizovan i sa efikasnom službom zaštite. Radi svega ovoga koncentracije radona i potomaka su svedene na postojeće preporuke ICRP i naše zakonske regulative. Na radilišta se dovodi dovoljna količina sveže vazdušne struje, gde je potrebno interveniše se dodatnom separatnom ventilacijom. Posebno treba istaći i modernu i efikasnu mernu opremu koja se koristi u zaštiti prilikom odredjivanja koncentracija radona i potomaka, posebno potomaka koji se odredjuju sa "Instant working lewel metrom" za nekoliko minuta.

Diskusija i zaključci

U radu je dat osvrt na kontrolna merenja radona i potomaka u rudniku od prvih istraga do današnjeg savremenog rudnika.

Rezultat rada na poboljšanju uslova eksploatacije, osavremenjavanje rudnika uvodjenjem mehanizacije i dobre ventilacije bio je i smanjivanje koncentracije radona i potomaka od visokih koncentracija do dopustivih.

U rudniku se obavlja i ostala kompletna zaštita na visini i sa puno zalaganja i odgovornosti.

CONTROL MEASUREMENTS OF RADON AND RADON DAUGHTERS IN THE URANIUM MINE ŽIROVSKI VRH (1961-1984)

Summary : The control measurements of the concentrations of radon 222 and its daughters were being performed in the uranium mine Žirovski Vrh during the period 1961-1984.

The measurements indicated to the concentrations have been being continously decreased from the mean values of 83176 Bq/m^3 (1961-1965) to the level of 2149 Bq/m^3 (1976-1980). So during the period 1980-1984. the average concentrations were found to be in permissible limits as a result of the involved changes in exploitation technology, ventilation and the other protective measures.

Literatura: 1. Pradel J. Fuhrmann Beneix E.: Bulll.d.inform.scient.et techn., France, no 2, 12(1956)
2. Hajduković D.: Metodologija merenja radonovih potomaka u rudn.urana, Zbornik radova, VII JDZZ, Kaštel Stari str 406-412(1973)
3. Izveštaji o merenjima u rudnicima urana (1961-1984) Institut za medic.rada i radiol.zaštitu Beograd
4. Izveštaji u RUŽV , SVD

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

R.S.Pavlović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Centar za permanentno obrazovanje
Beograd, Kosančićev venac 29

F.Boreli
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Bulevar revolucije 73

NEANALOGNI MONTE KARLO METOD U ANALIZI SPEKTRA REFLEKTOVANOG GAMA ZRAČENJA

Primena analognog oblika metoda Monte Karlo u teorijskoj analizi intenziteta i spektra reflektovanog zračenja je neefikasna. Problem postaje naročito izražen kada se želi analizirati oblik odziva detektora zračenja na spektar reflektovanog zračenja. U radu će biti dat jedan od mogićih načina smanjivanja varijanse pri rešavanju ovog problema uvodjenjem statističkih težina fotona, čime se povećava broj istorija koje sa konačnom statističkom težinom imaju pozitivan ishod u odnosu na posmatrani problem.

1.UVOD

Dozimetrijske karakteristike polja zračenja nekog izvora može značajno modifikovati prisustvo predmeta u okolini izvora koji reflektuju zračenje[1]. Ova činjenica se često ne sme zanemariti pri organizaciji zaštite od zračenja.Intenzitet i oblik spektra reflektovanog zračemja zavisi od energije primarnog gama zračenja, geometrijskih i fizičkih karakteristika materijala koji reflektuje zračenje i od geometrijskog rasporeda izvora zračenja,reflektora i tačke u polju zračenja u kojoj se izračunava uticaj reflektovanog zračenja,pa se, pored značaja koji u oblasti dozimetrije i zaštite od zračenja ima poznavanje karakteristika polja reflektovanog zračenja, ova pojava može iskoristiti i za odredjivanje nekih parametara materijala koji reflektuje zračenje.

Teorijsku analizu oblika spektra i intenziteta reflektovanog zračenja i promene koje u odziv detektora unosi reflektovano zračenje najpogodnije je vršiti primenom neanalognog oblika metoda Monte Karlo. Zbog male verovatnoće dogadjaja refleksije fotona na efikasnu površinu detektora i njegove detekcije, analogni oblik metoda pokazao se kao neefikasn. Za izračunavanje tih verovatnoća sa zadovoljavajućom statističkom greškom potrebno je pratiti vrlo veliki broj istorija fotona[2]. Uvodjenjem statističkih težina u pogodnim fazama istorije fotona, povećava se broj istorija koje imaju povoljan ishod u odnosu na posmatrani problem, pa se može smanjiti i broj istorija koje treba pratiti za zahtevanu tačnost rešenja

i smanjiti vreme potrebno za dobijanje tih rešenja[3].

2. STATISTIČKE TEŽINE FOTONA U PROCESU RASEJANJA U UZORKU I DETEKCIJE U DETEKTORU ZRAČENJA

Verovatnoća da foton emitovan tačkastim izotropnim izvorom padne na predmet koji reflektuje zračenje data je izrazom

$$W_0 = (1/4\pi)\iint_P \sin\theta\cdot d\theta d\varphi \,, \qquad (1)$$

gde je P površina predmeta koju "vidi" izvor zračenja.Kako se ne bi veliki broj istorija fotona već posle slučajnog izbora vektora pravca emitovanog fotona završio nepovoljno za proces refleksije, prate se istorije samo onih fotona koje padaju na predmet, odnosno svakom fotonu koji emituje izotropan izvor zračenja pripisuje se težina W_0.

Ako je težina fotona posle i-te interakcije u materijalu W_i, tada će u tačku (i+1)-ve interakcije stići foton težine $W_i \cdot w_s^{i+1}$, gde je

$$W_s^{i+1} = F_s^{i+1} = 1-\exp(-\gamma u\cdot s_{i+1}), \qquad (2)$$

a s_{i+1} -rastojanje izmedju tačke i-te interakcije i prodora vektora pravca fotona kroz površ predmeta.Dužina slobodnog puta fotona bira se iz funkcije gustine raspodele verovatnoće

$$f(x) = \gamma u\cdot\exp(-\gamma u\cdot x)/(1-\exp(-\gamma u\cdot s_{i+1})), \qquad (3)$$

što obezbedjuje da tačka sledeće interakcije bude u raseivaču[2]. Iz tačke(i+1)-ve interakcije izlazi foton težine

$$W^{i+1} = W^i\cdot W_s^{i+1}\cdot W_{KE}^{i+1}, \qquad (4)$$

gde je W_{KE}^{i+1}-verovatnoća da (i+1)-va interakcija bude Komptonovo rasejanje [4]. Težina fotona je posle i-te interakcije, dakle,

$$W^i = W_0 \prod_{j=1}^{i} W_s^j\cdot W_{KE}^j \,. \qquad (5)$$

Posle i-te interakcije deo težine fotona $W_p^i = W^i(1-W_s^{i+1})$ napusti rasejavač.Ako vektor pravca fotona prodire efikasnu površinu detektora, odnosno ako $\vec{a}_{i+1}\in\Omega_D^i$,gde je$\Omega_D^i$ prostorni ugao pod kojim se iz tačke i-te interakcije "vidi"detektor, onda se foton energije $E^i = E_p^i$ reflektuje na detektor posle i-te interakcije. Sabiranjem dporinosa svih interakcija[5]dobija se ukupna verovatnoća refleksije fotona na detektor.

$$W_p = \sum_{\vec{a}_{i+1}\in\Omega_d^i} w_p^i = W_0 \sum_{\vec{a}_{i+1}\in\Omega_D^i} \left(\prod_{j=1}^{i} W_s^j W_{KE}^j (1-W_s^{i+1})\right). \qquad (6)$$

Ako se praćenje istorije fotona nastavi u detektoru zračenja, ili se želi izračunati oblik odziva detektora na primarno zračenje iz izvora, težina fotona posle i-te interakcije u detektoru data je relacijom (5), pri čemu je $W_0 = W_p^i$,ako se prate reflektovani fotoni, dok se za praćenje fotona primarnog zračenja W_0 računa iz izraza (1), gde se integracija vrši po površini detektora.

U i-toj interakciji u detektoru apsorbuje se foton energije $E^0=E_0$ ili $E^0=E_p^i$ (E_0-energija fotona primarnog zračenja, a E_p^i-energija fotona reflektovanog na detektor) sa težinom

$$W_a^i = W^{i-1}\cdot W_s^i W_{FE}^i = W_0 \prod_{j=1}^{i-i} W_s^j \cdot W_{KE}^j \cdot W_s^i \,(1-W_{KE}^i), \qquad (7)$$

pa je ukupna verovatnoća fotona u piku totalne apsorpcije detekcije

$$W_{E^0} = \sum W_a^{i+1} + W^i(E_{GR}), \quad (W_a^i > W_{GR},\ E_i > E_{GR}), \qquad (8)$$

gde je $W^i(E_{GR})$-težina fotona čija je energija $E \leqslant E_{GR}$, a E_{GR}-energija ispod koje se foton smatra apsorbovanim.

Posle i-te interakcije u detektoru, deo težine fotona

$$W_{out}^i = W^i(1-W_s^{i+1}) = W_0 \prod_{j=1}^{i} W_s^j \cdot W_{KE}^j \,(1-W_s^{i+1}) \qquad (9)$$

napušta detektor zračenja sa energijom E_i, pa se deo težine fotona $W_{E^0-E_i} = W_{out}^i$ detektuje na mestu E^0-E_i u energetskom spektru. Ukupna verovatnoća detekcije fotona van pika totalne apsorpcije je

$$W_{E<E^0} = \sum W_{out}^i, \quad (W_{out}^i > W_{GR},\ E_i > E_{GR}), \qquad (10)$$

pa je ukupna verovatnoća detekcije fotona

$$W_{TOT} = W_{E^0} + W_{E<E^0}. \qquad (11)$$

U modelu interakcije fotona[4] zanemaren je efekat stvaranja parova i kvanata anihilacije. Pretpostavljeno je, takodje, da se elektroni nastali u procesu interakcije fotona sa materijalom apsorbuju na mestu nastanka. Energije rasejanih fotona slučajno su odabirane po algoritmu Kana[3].

Primenom ovog modela računat je oblik spektra verovatnoće (p_R) refleksije gama zračenja tačkastog izotropnog izvora zračenja smeštenog na cilindrični uzorak - reflektor poluprečnika osnove r_u i debljine d_u, na cilindrični detektor koji je na rastojanju h od izvora i uzorka. Usvojena geometrija je aksijalno simetrična. Računat je, takodje, i oblik odziva detektora, odnosno spektar apsorbovane energije primarnog (p_{DD}) i reflektovanog (p_{RD}) zračenja. Primer tako dobijenih spektara dat je na sl.1.

3.ZAKLJUČAK

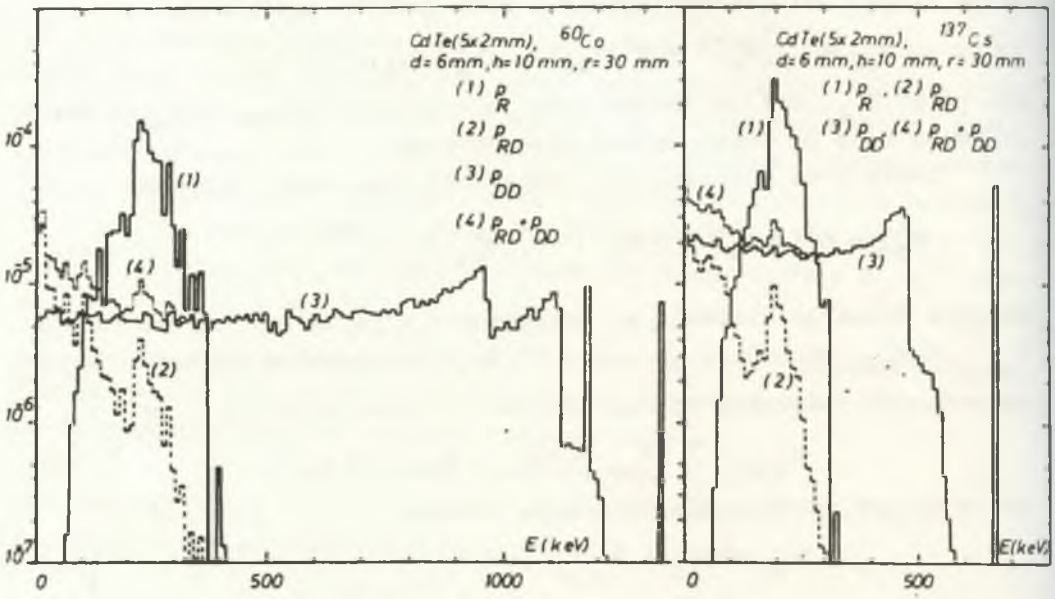
Uvodjenje statističkih težina u praćenje istorije fotona omogućilo je dobijanje verovatnoće refleksije i detekcije reflektovanog zračenja i oblika spektara reflektovanog zračenja i apsorbovane energije reflektovanog zračenja sa istom statističkom greškom kao i primenom analognog oblika metoda Monte Karlo, za 2-15 puta kraće vreme rada računara, zavisno od veličine i efikasnosti detek-

tora zračenja.

Uračunavanje doprinosa anihilacionog zračenja može se ostvariti praćenjem još po dva fotona energija 0,511MeV posle svake interakcije, čije su težine

$$W_A^{i+1} = W^i \cdot W_s^{i+1} \cdot W_{pp}^{i+1} , \qquad (12)$$

gde je W_{pp}^{i+1} - verovatnoća stvaranja para e^+-e^- u (i+1)-oj interakciji.



Slika 1.

ABSTRACT

Simple Monte Carlo methods are not efficient for theoretical analysis of the backscattered gamma radiatio spectra. This problem is specially pointed up when the shape of the detector response on the backscattered gamma radiation is analysed. In this paper a more efficient Monte Carlo method of photon statistical weights in estimation of the detector response on the backscattered and primary radiation spectra is discussed.

LITERATURA

1. И.М.Соболь, ЧИСЛЬЕНЫЕ МЕТОДЫ МОНТЕ-КАРЛО, Наука, Москва, 1973.
2. Б.П.Булатов и др., АЛЬБЕДО ГАММА ИЗЛУЧЕНИЯ, Атомиздат, Москва, 1968.
3. J.Wood, COMPUTATIONAL METHODS IN REACTOR SHIELDING, Pergamon Press, Oxford, 1982.
4. R.D.Evans, THE ATOMIC NUCLEUS, McGrow-Hill Book Co. New York, 1955.
5. Е.И.ГУРСКИЙ, ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ С ЕЛЕМЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ, Москва, 1971.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10.-13. lipnja 1985. godine

Kaučić S.
Institut "Rudjer Bošković", Zagreb, Yugoslavia

TEČAJEVI ZAŠTITE I RADA S IZVORIMA IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA U INSTITUTU "RUDJER BOŠKOVIĆ"

U Institutu "Rudjer Bošković postoji dugogodišnja aktivnost u prijenostu znanja o zaštiti i radu sa zatvorenim i otvorenim izvorima ionizirajućih zračenja.

Edukacija se najčešće obavlja putem četiri vrste tečajeva:

1) trodnevni tečaj - zaštita (zatvoreni izvori)

2) jednotjedni tečaj - zaštita i rukovanje (zatvoreni izvori)

3) jednotjedni tečaj - zaštita (otvoreni izvori)

4) dvotjedni tečaj - zaštita i radiokemijske tehnike (otvoreni izvori)

Programi tečajeva prilagodjeni su nivou edukacije koji se želi postići i interesu polaznika.

Do sada je navedene tečajeve uspješno završilo nekoliko stotina polaznika medju kojima su bili polaznici iz NE "Krško", INA - proizvodnja urana te iz medicinskih ustanova. Brojčano su najzastupljeniji oni koji koriste izvore ionizirajućih zračenja u industrijskoj kontroli kvalitete proizvoda (nerazorna kontrola u industriji, brodogradnji, gradjevinarstvu i drugdje).

THE XIIIth YUGOSLAV SYMPOSIUM ON RADIOLOGICAL PROTECTION

10-13 June 1985, Pula, Yugoslavia

Kaučić S.
The Rudjer Bošković Institute, Zagreb, Yugoslavia

TRAINING COURSES IN RADIOLOGICAL PROTECTION AND THE WORK WITH IONIZING RADIATION

organized by the Rudjer Bošković Institute

For many years the scientists of the Rudjer Bošković Institute in Zagreb have been actively involved in the transfer of knowledge related to radiological protection and work with sealed and unsealed sources of ionizing radiation.

The trainings are organized so that they are carried out mainly through four kinds of programmes:

1) 3-day training course - radiological protection (sealed sources)
2) 1-week training course - radiological protection and handling (sealed sources)
3) 1-week training course - radiological protection (unsealed sources)
4) 2-week training course - radiological protection and radiochemical techniques (unsealed sources)

Programmes have been tailored to educational level to be achieved and to the interests of the trainees.

Up to now, a few hundred trainees have attended and successively completed these trainings. Among them were, for example, participants from the Krško Nuclear Power Plant, INA Uranium Production Plant, and various medical centres. The greatest number of trainees are those that use ionizing radiation sources for industrial quality control (nondestructive control in industry, shipbuilding, civil engineering and elsewhere).

XII ЈУГОСЛОВЕНСКИ СИМПОЗИУМ ЗА ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊЕ
Пула, 10-13. јуни 1985.

Т.Ановски*, Љ.Хаџиевски*, Д.Качурков**, Б.Минчева*, Л.Лелифанова*

* Центар за примена на радиоизотопи во стопанството - Скопје
** Електро-Машински факултет - Скопје

МОДЕЛ ЗА ПРОЦЕНКА НА ИНТЕРНА ЕКСПОЗИЦИЈА НА ЧОВЕКОТ ОД УПОТРЕБА НА КОНТАМИНИРАНИ ВОДЕНИ ТОКОВИ

Резиме: Применувајќи геохемиски, хидролошки и радиолошки истражувања, со употреба на соодветни математички модели, разработен е радиоеколошки модел, кој дава можности да се изврши проценка на интерната експозиција на човекот, што може да се јави како резултат од употреба на радиоактивно контаминирани површински водени токови.

Увод

Во својот динамичен развиток, светот од ден на ден се повеќе се соочува, особено со проблемот на енергијата, чие решавање, претставува еден од основните предуслови за побрз подем на индустриското производство. Проширувањето пак на постојните и интензивното изградување на нови индустриски и енергетски капацитети, придонесува од своја страна, кон зголемување на емисијата на штетни материи, како во непосредна околина на капацитетите, така и пошироко.

Зголемениот број на нуклеарни енергетски постројки, кои денес даваат сса 10% од вкупното светско производство на електрична енергија, со тенденција на постојан пораст, претставува секако еден значаен потенцијал, кој под одредени околности може да изврши додатни нарушувања на животната средина.

Имајќи го предвид општоприфатеното мислење, дека само здрава животна средина, како дијалектички определена категорија, во непрекинатиот процес на измени дава основни предуслови за опстанок на човекот, потребно е на најзината заштита да ѝ се пријде покомплексно, развивајќи интердисциплинарни истражувања (хидролошки, геолошки, геохемиски, биолошки, радиолошки, метеоролошки и др.) што ќе овозможат поцелосни сознанија за поедините законитости на процесите во природата, вклучувајќи ги во прв ред

дисперзијата, измената, транспортот и акумулацијата на поедини како стабилни, така и радиоактивни конституенти на материјата.

Водата како важен фактор во транспортот на материјата и уште поважна како алка во ланецот на човековата исхрана, зазема суштетствено место во овие ситражувања.

Вака поставениот приод на проблемите врзани со утврдувањето на поедини законитости за екологијата на карактеристични елементи во еден посматран хидросистем, претпоставува употреба на многу ефикасни и осетливи аналитички методи и мерни техники применувајќи притоа адекватни модели и сметачки машини.

Експериментална работа

Како експериментална база за верификација на научниот придонес во примената на современите нуклеарно-изотопски техники и симулација на модели во проценатa на влијанието на контаминирани површински водени токови врз човекот и неговата околина, избран е токот на реката Вардар.

Применувајќи изотопски техники кои вклучуваат определување на односите на изотопите на кислород и водород (конституенти на молекулата на водата и нејзини извонредни трасери) во преципитатите површинските и подземните води од вардарскиот речен систем добиени се значајни сознанија за нивните меѓусебни корелации .

Со помош на неутронска активациона анализа определувана е содржината на хром, железо, кобалт и др. елементи во различни компоненти на (растворени, суспендирани, материјали од дното на реката Вардар и околното земјиште) вардарскиот речен систем и пресметани се соодветните коефициенти на дистрибуција.

Со цел да се определи степенот на радиоактивната загаденост, вршени се мерења на вкупната алфа и бета активност како и содржината на гама емитерите во примероци на вода, храна и др., вдолж реката Вардар.

Врз основа на добиените резултати од извршените истражувања развиен е модел (види Сл.1) преку кој ќе може да се изврши процена на интерната експозиција на човекот, резултирана од употреба на контаминирани површински води.

За овој модел изработен е соодветен компјутерски програм преку кој се врши симулација на транспортот на радиоизотопите од изворот на загадување до човекот, пресметувајќи ја воедно и интер-

ната експозиција.

Резултати и дискусија

Врз основа на активациските анализи пресметана е дистрибуцијата за поедини елементи во поедини компоненти од вардарскиот речен систем.

Како парцијалните концентрации, така и дистрибуционите коефициенти за *Fe, Cr* и *Zn* се поголеми во однос на *Co* и *Sb* за 2 до 3 реда на големина.

Определувањето на односите на *D/H* и $^{18}O/^{16}O$ во водите од интерес покажаа, за разлика од посматраните пиезометри кај профилот Јегуновце, присутно прихранување на подземните води во Криволак од реката Вардар.

Радиолошките анализи (определување на вкупната α, β активност како и γ спектрометриските анализи) на различните примероци на р да, примероци на флора и фауна, како и примероци на храна и земјиште, покажаа радиоактивни содржини кои се во рамките на очекуваните вредности.

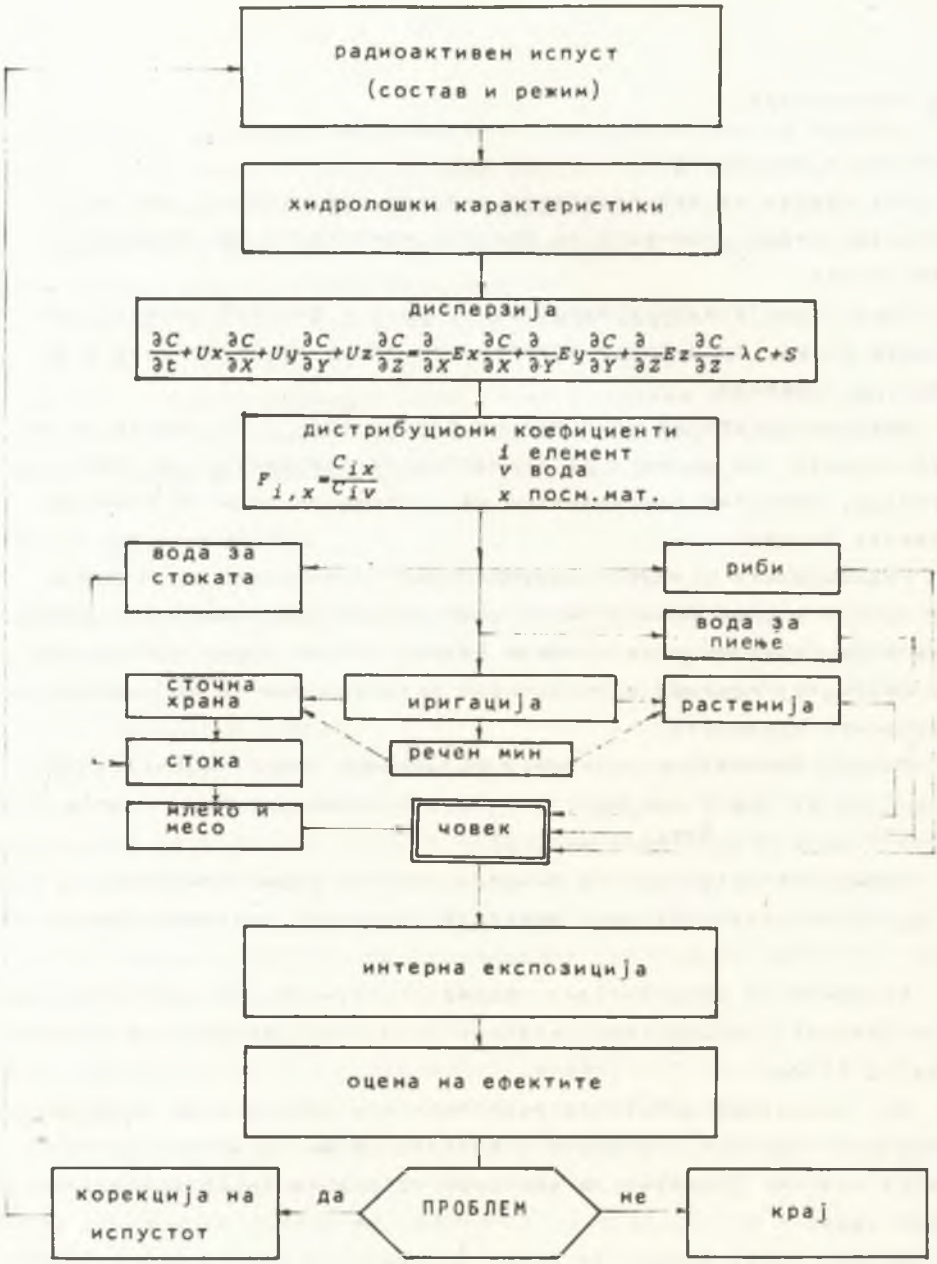
Додека вкупната α активност се движеше помеѓу $0,6 \cdot 10^{-3}$ |*Bq/l* или *kg*| до 89 |*Bq/l* или *kg*|, вкупната β-активност беше помеѓу $1,3 \cdot 10^{-2}$ до $2,7 \cdot 10^{3}$ |*Bq/l* или *kg*|.

Добиените резултати од симулацијата на радиоактивен испуст во водите на реката Вардар, локација Криволак, прикажани се на Сл.2.

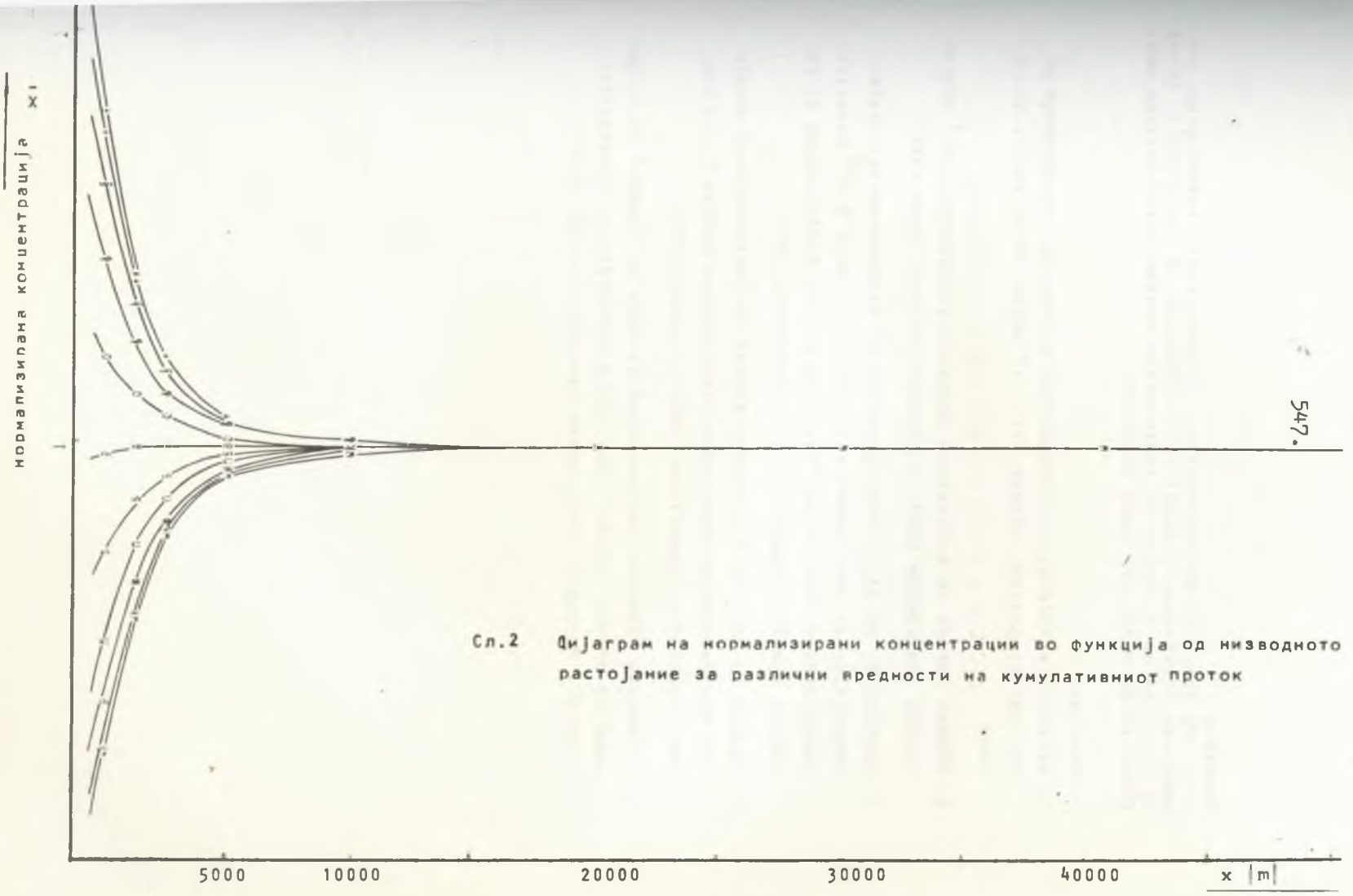
Евидентно е дека тотално мешање, т.е.униформна дистрибуција на испуштените радиоактивно изотопи се постигнува веќе на растојание од 15 *km*.

Врз основа на добиените резултати и усвојување на низа др. релевантни податоци, извршена е евалуација на интерната експозиција на човекот условена од употреба на радиоактивно контаминираните води.

Додека преку водата за пиење внатрешната експозиција (сметано за цело тело) условено од внесување на ^{60}Co изнесуваше $5,9 \cdot 10^{-5}$ *mSv*, преку консумацијата на риба локалното население би примило доза од $8,4 \cdot 10^{-4}$ *mSv*.



Сл. 1 Шематски приказ на моделот за процена на интерната експозиција на човекот, условена од употреба на радиоактивно контаминирани води



Сл.2 Дијаграм на нормализирани концентрации во функција од низводното растојание за различни вредности на кумулативниот проток

Abstract

By Applying of Geochemical, Hydrological, Radiological and computer technique, a model for prediction of the internal exposure of a man as a result of radioactive contaminated surface water flows to be used, has been developed.

Литература

1. *Isotope techniques in Groundwater Hydrology, Proceedings of an IAEA Symposium, Vienna, 11 - 15 March 1974, Vol.I, Vol.II 1974*

2. *Modern Trends in Activation Analysis (abstracts), 6th Modern Trends Conference held in Toronto, Canada, June 1981*

3. *Anovski T. et al., "Determination of Biogeochemical Characterisation of the Vardar river System", IAEA's 2nd Research Coordination Meeting on "Problems of the Radioecology of the Danube river", Vienna, 21 - 24 November, 1978*

4. *Codell R. and Key K., "Users Manual for Mathematical Models for Radioactivity Discharges into Surface Waters", U.S.Nuclear Regulatory Commision, Draft Report, 1982*

5. Т.Ановски "Примена на изотопски техники во следење на загадување на водени токови", Докторска дисертација, Универзитет "Кирил и Методиј", Технолошки факултет Скопје, 1984

6. sekcija: D E K O N T A M I N A C I J A

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Musić S.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

PREKONCENTRACIJA LANTANIDA S ALUMINIJEVIM HIDROKSIDOM

Sažetak

Sorpcija lantanidnih iona (Ln^{3+}) na amorfnom $Al(OH)_3$ je mjerena kao funkcija pH otopine i vremena kontakta između sorbata i sorbenta. Također, istraživan je utjecaj kompleksirajućeg liganda i "neutralnog" elektrolita na sorpcijski proces. Na osnovi dobivenih rezultata diskutiran je mogući mehanizam sorpcije. Rezultati ove studije pokazuju da je amorfni $Al(OH)_3$ pogodan za prekoncentraciju lantanidnih iona.

Uvod

Sorpcijske metode prekoncentracije od posebnog su značenja za analitičku (radioanalitičku) kemiju elemenata u tragovima ili malim količinama. U puno slučajeva njihovom primjenom lako se postiže faktor prekoncentracije oko 1000. Time se omogućuje određivanje elemenata u koncentracijama koje su ispod granice detekcije analitičkog instrumenta. Za prekoncentraciju anorganskih iona mogu se koristiti organski ili anorganski sorbenti. Kao anorganski sorbenti najčešće se koriste metalni hidroksidi, sulfidi i fosfati.

Cilj ovog rada je definiranje najboljih fizičko-kemijskih uvjeta za prekoncentraciju lantanida s aluminijevim hidroksidom. Aluminijev hidroksid je pogodan sorbent za prekoncentraciju lantanida, budući Al^{3+} ioni ne prave znatnije smetnje kod instrumentalnog (NAA, XRF, ICPS) određivanja mikrokomponente.

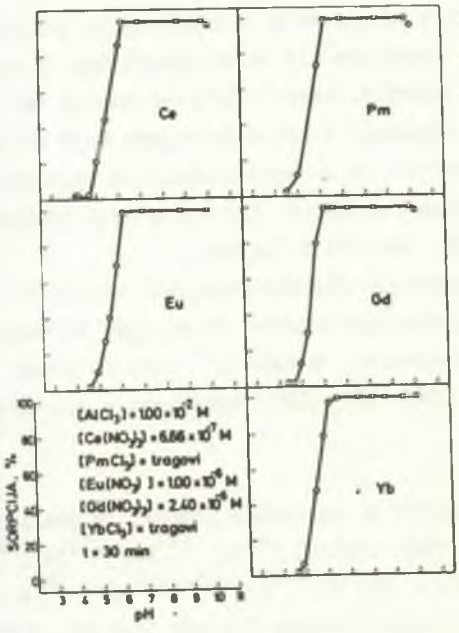
Materijal i metoda

U eksperimentalnom dijelu ove studije su korištene kemikalije analitičke čistoće i dvostruko destilirana voda. Radioizotopi ^{141}Ce, ^{147}Pm, ^{153}Gd i ^{169}Yb su bili proizvodi od "Amersham"-a (G.B.), dok su ^{140}La, $^{152,154}Eu$ i ^{169}Er dobiveni iz Instituta "Boris Kidrič" (YU). Radioizotopna čistoća izvornih otopina $^{169}YbCl_3$ i $^{153}GdCl_3$ dodatno je provjerena s gama spektroskopijom. Sorpcijski sistemi su pripremani na slijedeći način. U otopinu koja je sadržavala $AlCl_3$ i mikrokomponentu obilježenu s odgovarajućim radioizotopom dodana je određena količina natrijeve lužine. Tekuća faza je odvojena od čvrste pomoću JANETZKI T-20 centrifuge (maks. 5000 rpm). U sorpcijskim sistemima, gdje je $Al(OH)_3$ bio

u koloidnom obliku, odvajanje faza čvrsto/tekuće izvedeno je pomoću Sorvall RC-2-B centrifuge kod 15000 rpm. Kao kompleksirajući ligandi korišteni su citrat i glicin, a kao "neutralni" elektrolit korišten je NaCl . Količina Ln^{3+} iona vezanih za čvrstu fazu određena je na osnovi usporedbe specifičnih radioaktivnosti otopine prije i poslije sorpcije mikrokomponente. Radioaktivnosti su mjerene pomoću NaJ(Tl) brojača bunarskog tipa i brojila ST-6, Nuclear Enterprises Ltd (G.B.). Za pH mjerenja korištena je elektroda GK2302B, Radiometer (DK). Svi eksperimenti su izvedeni na sobnoj temperaturi. Također, u okviru eksperimentalnog dijela određene su granice taloženja amorfnog $Al(OH)_3$ i kompleksne topljivosti u ovisnosti o pH otopine. Metoda ovog određivanja je opisana u prethodnom radu (1).

Rezultati i diskusija

Dio eksperimentalnih rezultata je grafički prikazan na slikama 1-3. Slika 1 prikazuje utjecaj pH otopine na prekoncentraciju malih količina ili tragova



Slika 1. Sorpcija Ce^{3+}, Pm^{3+}, Eu^{3+}, Gd^{3+} i Yb^{3+} na amorfnom $Al(OH)_3$ kao funkcija pH otopine.

Ln^{3+} iona s aluminijevim hidroksidom. Nagli porast relativne sorpcije (do ~100%) se zapaža u području pH 4.7-6 . Prekoncentracija Ln^{3+} iona s $Al(OH)_3$ je kvantitativna za vrijednosti pH 6.5-10.0 .

Općenito, kod razmatranja mehanizma sorpcije anorganskih iona na (hidr)-oksidima se polazi od površinskih i kemijskih svojstava sorbenta i fizičko-kemijskog stanja sorbata (2-5). U okviru ove diskusije, a slijedeći spomenuto

pravilo, bit će opisana najvažnija svojstva aluminijevog hidroksida od interesa za razumijevanje prikazanih rezultata.

Dodatkom hidroksidnih iona u kiselu otopinu Al(III)-soli dolazi do taloženja aluminijevog hidroksida. Talog se ponaša koloidno za koncentracijski odnos $[OH^-]/[Al^{3+}]<3$, a potpuno koagulira kod odnosa $[OH^-]/[Al^{3+}]=3-4$. Taloženje započinje kod pH 4.15 za koncentraciju 1.0×10^{-2} M $AlCl_3$, a granica otapanja za svježi $Al(OH)_3$ leži kod pH 10.2 . Međufaza Al-(hidr)oksid/tekuće može se električki nabiti protonacijom ili deprotonacijom neutralnih površinskih mjesta (-OH grupe) na slijedeći način:

$$=Al\text{-}OH + H^+ \longrightarrow =Al\text{-}OH_2^+ \qquad (a)$$

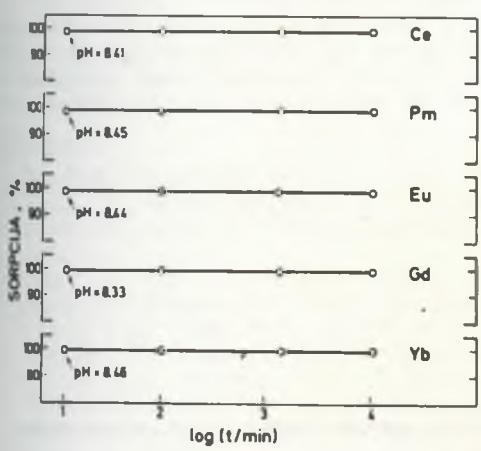
i

$$=Al\text{-}OH \longrightarrow =Al\text{-}O^- + H^+ \qquad (b)$$

Reakciju deprotonacije (b) moguće je prikazati i reakcijom :

$$=Al\text{-}OH + OH^- \longrightarrow =Al\text{-}OH_2^- + H^+ \qquad (c)$$

Za pH_{IET} svježe taloženog $Al(OH)_3$ publicirane (6) su vrijednosti u intervalu



Slika 2. Sorpcija Ce^{3+}, Pm^{3+}, Eu^{3+}, Gd^{3+} i Yb^{3+} na amorfnom $Al(OH)_3$ kao funkcija vremena. Koncentracijski uvjeti su identični s onim prikazanim na slici 1.

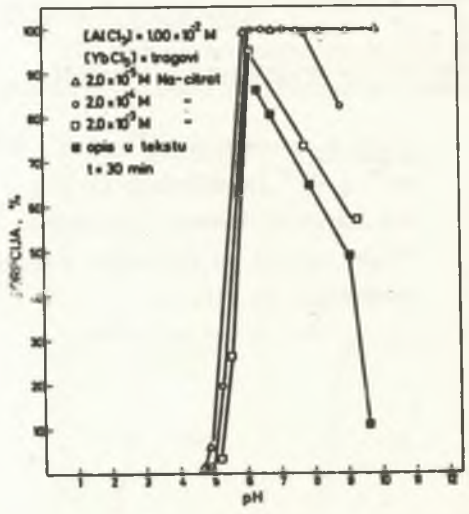
pH_{IET}=7.6-9.2 . Ovaj raspon pH_{IET} vrijednosti postoji zbog primjene različitih mjernih tehnika i uvjeta taloženja. Talog amorfnog $Al(OH)_3$ je negativno nabijen za pH manji od pH_{IET}, a pozitivno za pH veći od pH_{IET}.

Ln^{3+} ioni podliježu intenzivnoj hidrolizi u području pH 6-8 (smjer $Lu^{3+} \rightarrow La^{3+}$). Detaljni podaci o hidrolizi Ln^{3+} iona mogu se naći u literaturi (7-8). Sorpcija Ln^{3+} iona na $Al(OH)_3$ može se objasniti mehanizmom koji uključuje direktnu zamjenu Ln^{3+} iona s protonima na površini sorbenta. Hidrolizirani Ln^{3+} ioni se sorbiraju hidrolitičkom adsorpcijom koja dovodi do stvaranja oksi-mostova između Al^{3+} i Ln^{3+} iona. U slučaju hidrolitičke adsorpcije u proces su uključene vanjske i unutrašnje površine $Al(OH)_3$ agregata. Sorpcija mikrokomponente

izomorfnom zamjenom nije vjerojatna zbog velike razlike ionskih radiusa Al^{3+} (0.51 Å) i Ln^{3+} (0.85-1.39 Å).

Na slici 2 je prikazana ovisnost sorpcije Ln^{3+} iona o vremenu starenja sorpcijskog sistema. Vrijeme sorpcije nema utjecaja na prekoncentraciju Ln^{3+} iona u području pH 8-9 i pored toga što amorfni $Al(OH)_3$ s vremenom fazno transformira u pseudobemit i bajerit. Kod još viših pH vrijednosti starenjem $Al(OH)_3$ taloga nastaje i gibsitna faza. Prekoncentracija Ln^{3+} iona ne preporučuje se izvoditi u pH području pozitivne ili negativne stabilnosti $Al(OH)_3$ koloida.

Iz prethodnih radova (9-10) je poznato da prisutnost kompleksirajućeg liganda u otopini može znatno utjecati na proces prekoncentracije anorganskih iona s (hidr)oksidnim sorbentom. Sposobnost liganda da potiskuje stvaranje hidroksi



Slika 3. Sorpcija Yb^{3+} iona na amorfnom $Al(OH)_3$ u prisutnosti citrata kao funkcija pH.

specija sorbata ovisi o stabilnosti kompleksa sorbat-ligand, relativnim koncentracijama komponenti i pH otopine. Smanjenje sorpcije metalnog kationa u prisutnosti liganda (na primjer EDTA, citrat, tartarat) može biti izrazito. U okviru ovog rada izvedeno je ispitivanje utjecaja kompleksirajućeg liganda (citrat i glicin) na prekoncentraciju La^{3+}, Ce^{3+}, Pm^{3+}, Eu^{3+}, Gd^{3+}, Er^{3+} i Yb^{3+} iona s aluminijevim hidroksidom (1.0×10^{-2} M $AlCl_3$ kod zadanog pH). Pojedinačna sorpcijska ponašanja navedenih Ln^{3+} iona u prisutnosti citrata su gotovo identična. Kao primjer na slici 3 je prikazana sorpcija Yb^{3+} iona na amorfnom $Al(OH)_3$ u prisutnosti citrata. Eksperimentalne točke označene punim kvadratima dobivene su za slučaj nepotpunog odvajanja faza čvrsto/tekuće pomoću JANETZKI T-20 centrifuge. Rezultati prikazani na slici 3 pokazuju izrazit utjecaj 2.0×10^{-3} M Na-citrata na prekoncentraciju Ln^{3+} iona. Za navedenu koncentraciju Na-citrata relativna sorpcija se smanjuje od 95% na 60% (t=30 min) u pH inter-

valu 6 do 9 . Natrijev citrat u koncentraciji 2.0×10^{-5} M nije utjecao na prekoncentraciju Ln^{3+} iona s $Al(OH)_3$. U velikim koncentracijama citrat djeluje sam po sebi kao stabilizator $Al(OH)_3$ koloida, pa je potrebno koristiti snažniju centrifugu za odjeljivanje faza. S druge strane glicin ni pri odnosu koncentracija $[Al^{3+}] / [glicin] = 1$ nije imao utjecaja na prekoncentraciju Ln^{3+} iona. U slučaju sorpcije malih količina Co^{2+} iona na hematitu zapažen je snažan utjecaj različitih amino kiselina na sorpcijski proces (11). Također, eksperimenti izvedeni u ovom radu su pokazali da "neutralni" elektrolit (NaCl) prisutan u velikim koncentracijama ne utječe na prekoncentraciju Ln^{3+} iona s $Al(OH)_3$.

Rezultati prikazanih istraživanja pokazuju da je aluminijev hidroksid pogodan za prekoncentraciju lantanida. Međutim, prekoncentracija se može rutinski izvesti samo u slučaju odsutnosti kompleksirajućeg liganda koji pravi vrlo stabilne komplekse s Ln^{3+} ionima.

Summary

The sorption of lanthanide ions (Ln^{3+}) on amorphous $Al(OH)_3$ has been measured in dependence on pH and time of sorption. Also, the influence of complexing ligands and "neutral" electrolyte on the sorption process has been investigated. The mechanism of sorption is discussed. The results indicate that amorphous $Al(OH)_3$ can be used for the preconcentration of Ln^{3+} ions.

Literatura

1. Musić,S., Šipalo-Žuljević, J.: Coll. Polymer Sci., 256(1978)970.
2. Musić, S., Šipalo-Žuljević, J., Vlatković, M.: Isotopenpraxis, 13(1977)243.
3. Musić, S., Wolf, R., Šipalo-Žuljević, J.: Mikrochim. Acta (Wien) 1978 II, 303.
4. Musić, S., Wolf, R.: Mikrochim Acta (Wien) 1979 I, 87.
5. Musić, S., Gessner, M., Wolf, R.: Mikrochim. Acta (Wien) 1979 I, 95.
6. Parks, G.A.: Chem. Rev., 65(1965)177.
7. Moeller, T., Kremers, H.E.: J. Phys. Chem.,48(1944)395.
8. Sillen, L.G., Martell, A.E.: Stability Constants, Spec. Publ. No 17, The Chemical Society, Burlington House, London 1964. and Supplement No 1, Spec. Publ. No 25, The Chemical Society, Burlington House, London 1971.
9. Musić, S., Gessner, M., Wolf, R.: J. Radioanal. Chem., 50(1979)91.
10. Musić, S., Gessner, M., Wolf, R.: Radiochim. Acta, 26(1979)51.
11. Musić, S., Gessner, M., Wolf, R.: Mikrochim. Acta (Wien) 1979 I, 105.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula,10 - 13.lipnja 1985.

Južnič K. in Držaj B.

Institut"Jožef Stefan",Ljubljana

SORPCIJA RADIOCEZIJA NA TUFU IZ ZALOŠKE GORICE

Povzetek

Raziskali smo sorpcijske lastnosti radiocezija v prisotnosti različnih elektrolitov na tufu.Ugotovili smo,da se cezij dobro adsorbira iz raztopine solne kisline,natrijevega klorida slabše pa iz kalijevega klorida.Na osnovi poiskusov adsorpcije na koloni napolnjeni z ionskim izmenjalcem je bila postavljena relacija med volumnom preboja,dimenzijami kolone in porazdelitvenim koeficientom.

Uvod

Različni tufi so bili predlagani kot primerna dodatna obloga pri gradnji podzemnih skladišč radioaktivnih materialov.Mnogi od teh naravnih tufov imajo relativno majhno prepustnost,nabrekajo,pore se same mašijo in imajo določeno ionsko izmenjalno kapaciteto.Ti materiali bi tudi v primeru uničenja konteinerja z r.a.materialom preprečili migracijo izotopov v okolico. Različni avtorji so v preteklosti že poročali o visoki selektivnosti tufov za nekatere katione kot so Cs^{+},Sr^{++} ter Ba^{++}([1,2]). Ker so radioizotopi cezija in stroncija med najbolj radiotoksičnimi in ker nastopajo v tekočih radioaktivnih odpadkih jedrskih naprav,so bili tufi predlagani tudi za dekontaminacijo leteh.Do širše uporabe večkrat ni prišlo lezato ker sestava naravnih tufov nekoliko varira in zato tudi njihove lastnosti niso popolnoma definirane.
Namen našega dela je bil proučiti sorpcijske lastnosti tufa

iz Zaloške Gorice za radiocezij.Omenjeni tuf ima naslednje mineralne komponente: klinoptilolit 62%,heulandit 18%, α-kremen 19% in ilit 1%([3]).Sestava po komponentah je naslednja: 68% SiO_2,13% Al_2O_3,1,2% FeO,1,92% CaO,1,62% MgO,3,5% K_2O,2,5% Na_2O in 1,16% CO_2([4]).Najpomembnejša minerala klinoptilolit in heulandit imata naslednji sestavi $(Na_2,K_2)O.Al_2O_3.10SiO_2.8H_2O$ in $CaO.Al_2O_3.7SiO_2.6H_2O$.Minerala se razlikujeta na osnovi razmerja Si/Al,ki znaša 2,7 za heulandit in 5,3 za klinoptilolit.

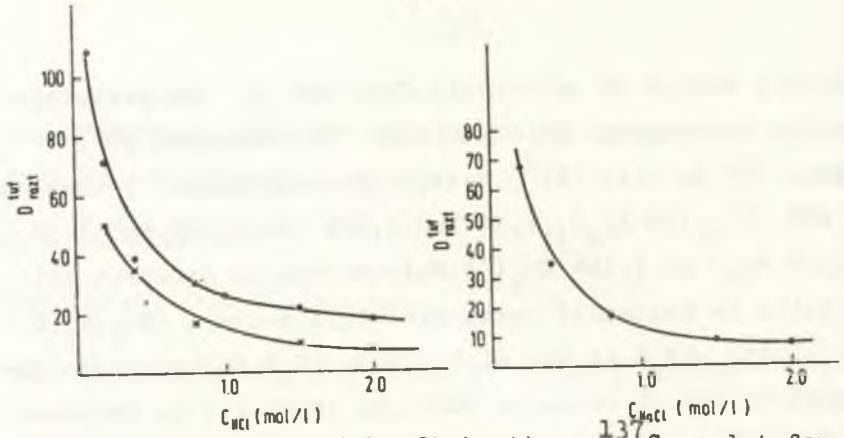
Eksperimentalno delo

Kemikalije:-Za pripravo raztopin smo uporabili p.a. kemikalije.Adsorpcijo cezija smo zasledovali z izotopom Cs-134,ki smo ga dobili z obsevanjem $CsNO_3$ v reaktorju Triga Mark II. Cs-134 ima razpolovno dobo 2,4 leti,je beta,gama aktiven z E_γ= 0,65 MeV in E_β= 0,605 MeV.Tuf smo zdrobili in presejali. Za poiskuse smo uporabili le frakcijo med 1,0 in 1,2 mm premera.Za poiskuse adsorpcije na koloni smo uporabili Molekular sieb Union Carbide Typ 4A 8X12 Mesh Kugeln.

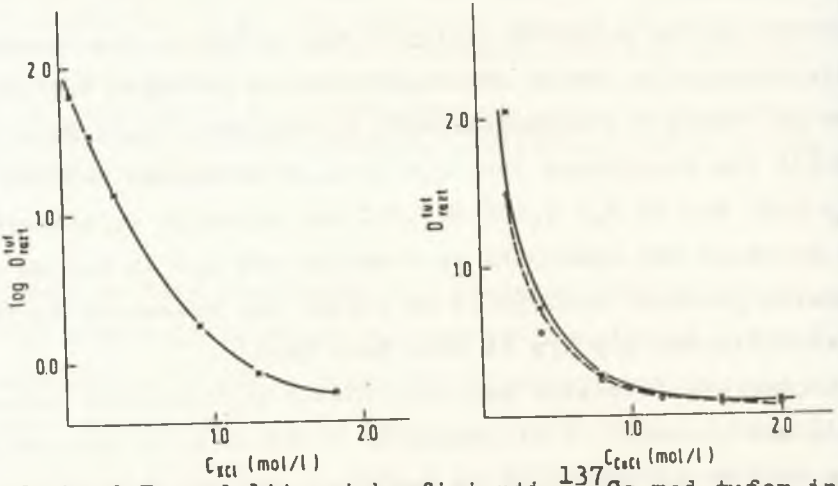
Postopek:-Za določitve porazdelitvenih koeficientov radiocezija smo stresali 11 ml raztopine elektrolita z izotopom ter 2 g tufa.Po stresanju,ki je trajalo 1 uro smo izmerili aktivnost raztopine.Za raziskave ponašanja cezija na koloni smo uporabili kolono Ø = 10 in dolžino 150 mm.Aktivnost raztopin smo merili z gama spektrometrom.

Rezultati in diskusija

Porazdelitveni koeficienti radiocezija med tufom in raztopino so prikazani na slikah 1 in 2.Raztopine elektrolitov so bile naslednje: HCl,NaCl,KCl in CsCl.Pri istih koncentracijah elektrolita se radiocezij najtrdneje adsorbira iz raztopine HCl in precej slabše iz raztopine kalijevega klorida.Pri poisku-



Slika 1.Porazdelitveni koeficienti za ^{137}Cs med tufom in raztopino razl.konc.: levo HCl,(x)40°C,(o)20°C;desno NaCl,(o)20°C.



Slika 2.Porazdelitveni koeficienti ^{137}Cs med tufom in raztopino razl.konc.: levo KCl,(x)20°C;desno CsCl,(x) 20°C,(o)40°C.

sih z solno kislino je bil opazen razkroj tufa.

Ionsko izmenjalne lastnosti nekaterih tufov so bile že v preteklosti raziskane.Ugotovljeno je bilo,da sorpcijska tendenca do kationov pada v smeri $Cs^+ > K^+ > Sr^{++} = Ba^{++} > Ca^{++} > Na^+ > Li^+$ za kalifornijske depozite ([5]).Podobno sekvenco adsorpcijskih lastnosti je podal tudi Chelishchev in ostali ([6]) in sicer $Cs^+ > Rb^+ > K^+ > Na^+ > Sn^{++} > Li^+$ in $Pb^{++} > Ag^+ > Cd^{++} \sim Zn^{++} \sim Cu^{++} > Na^+$.

Rezultati raziskav ionsko izmenjalnih lastnosti domačega tufa kažejo,da se slednji ponaša precej podobno kot preje navedeni. Cezij se najtrdneje veže iz raztopine kisline oziroma NaCl slabše pa iz KCl.Sklepamo lahko,da se manj hidratizirani ioni lažje vgrade v kristalno mrežo tufa.V primerjavi s sintetičnim organskim ionskim izmenjalcem kaže tuf precej večjo selektivnost za Cs^+ n.p. porazdelitvena koef. pri Dowexu iz 1 in 0,5 M HCl sta 3,4 ter 8,8 medtem ko pa sta ustrezna koeficienta pri tufu 26 in 44.Tudi tuf iz Z.G. bi bil torej primeren za odstranjevanje radiocezija in radiostroncija iz raztopin z relativno visoko koncentracijo ostalih kationov.

Relacija med volumnom preboja V_b ter dimenzijami kolone dobljena na osnovi poiskusov s kolono napolnjeno z Dowexom 50 je naslednja $V_b = a.l.S.D$ kjer je a empirična konstanta (4,7),l je dolžina kolone v cm,S je presek kolone v cm^2 in D porazdelitveni koeficient.Ustrezni poiskusi s tufom niso bili uspešni iz dveh razlogov a)mešenja kolone in b)relativno počasne izmenjave,kar bo zahtevalo dodatne raziskave kinetike ionske izmenjave.

Literatura

1)L.B.Sand and F.A.Mumpton,Natural Zeolites,Perg.Press Ltd., Oxford OX3 OBW,England
2)F.Fawcet,B.Allard and K.Anderson,Intern.Conf.Nucl.Radiochem. FGR,Lindau,Oct.8-12,1984,p.86.
3)M.Slokan,Magistrsko delo,Univ.v Ljubljani,FNT,Ljubljana 1976.
4)V.Pirnat-Šmutc,Doktorsko delo.Univ.v Ljubljani,FNT,1976.
5)L.L.Ames,U.S.Patent 3 017 242.
6)Chelishchev in ostali,Dokl.Akad.Nauk SSSR 210,110-112.

Abstract

Sorption of radiocesium in presence of different electrolytes on zeolite from Zaloške Gorice was studied.It was observed that Cs^+ is strongly adsorbed from HCl and NaCl solutions. Adsorption from KCl solution is moderate.On basis of sorption experiments on an ion exchange column a relation between the breakthrough volume,the column dimensions and the distribution coefficient was established.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juni 1985.

I.Plećaš i A.Kostadinović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

DOMAĆA ISKUSTVA U TEHNOLOGIJI SOLIDIFIKACIJE RADIOAKTIVNOG OTPADNOG MATERIJALA

Izvod U radu je prikazana analiza postojećeg postupka kondicioniranja jonoizmenjivačkih smola u NE Krško, projektovanog od Westinghouse-a kao i novog postupka razradjenog u Institutu "Boris Kidrič" - Vinča koji je pokazao niz prednosti u odnosu na dosadašnji način kondicioniranja radioaktivnog otpadnog materijala (RAO).

Uvod

U radu nuklearne elektrane tipa PWR neizbežno se javljaju 4 vrste čvrstih radioaktivnih otpadaka: istrošene jonoizmenjivačke smole, koncentrat (talog) iz isparivača, nisko radioaktivni kontaminirani materijal i istrošeni radioaktivni filtri iz gasnih sistema. Ovaj RAO materijal je potrebno kondicionisati i pripremiti za trajno odlaganje. Jedan od najčešćih postupaka kondicioniranja je cementni postupak solidifikacije (1).

Jonoizmenjivačke smole koriste se u filterima fluidnih sistema u kojima se vrši proces jonske izmene, odnosno prečišćavanje radioaktivne otpadne vode. Jonoizmenjivačke smole su organske sintetičke smole obično styren, polystyren ili akryl. Katjonske smole, imaju slobodne vodonikove, litijumske ili amonijačne veze. Anjonske smole imaju slobodne: OH,Cl i CO_3 veze. Drugu kategoriju istrošenih jonoizmenjivačkih smola čine smole iz sistema za odmuljavanje parogeneratora, SGBPS (Steam Generator Blowdown Processing System). Jonoizmenjivačke smole su često u formi mixed-bed, dakle izmešane jake katjonske i jake anjonske smole, koje obično sadrže na svaki ekvivalent Li jednu ekvivalentnu OH grupu.

Količina istrošenih jonoizmenjivačkih smola prema podacima za NE Krško iznosi oko 120 m^3/god. ukupne aktivnosti od oko 40 TBq, što se smatra srednje radioaktivnim otpadom.

Analiza mehaničko-tehnoloških zahteva za kvalitetom solidifikovanih RAO materijala

Mehaničko-tehnološki zahtevi koje treba da zadovolje materijali koji se upotrebljavaju za solidifikovanje i imobilizaciju RAO, baziraju na preporukama i kriterijumima IAEA, koji karakteriziraju materijal kojim se kondicioniše RAO.

Kriterijumi su podeljeni u četiri grupe:

I Fizikohemijski:
- Leaching test
- korozija
- termička izdržljivost
- prirodno starenje
- otpornost na mikroorganizme
- sadržaj slobodne vode
- permeabilnost
- veza matrica/otpad

II Fizički kriterijumi:
- gustina
- homogenost
- poroznost
- tačka omekšavanja
- termička provodljivost
- skupljanje/širenje

III Mehanički kriterijumi:
- otpornost na pritisak
- otpornost na udar
- otpornost na mrvljenje
- plastičnost

IV Efekat zračenja
- generalni efekat
- gasna radioliza

Iz gore navedenog može se zaključiti da postoji veoma veliki broj kriterijuma manjeg i većeg značaja za kvalitet materijala kojim se solidifikuje RAO.

Mogu se ipak izdvojiti tri kriterijuma izuzetno bitna kada je u pitanju solidifikacija RAO, na bazi cementnog postupka:
- otpornost na pritisak
- LEAKAGE test i
- permeabilnost

čije su metode opisane u našim ranijim radovima (1,2).

Opis postojećeg sistema za kondicioniranje isčrpljenih jonoizmenjivačkih smola u NE Krško je prikazan u "TECHNICAL MANUAL FSAR" te ga ovde nećemo ponavljati.

Rezultati ispitivanja "VERMIKULIT" maltera za postojeći postupak u NE Krško

Na tabeli 1. prikazani su rezultati srednje vrednosti tri ispitivana uzorka vermikulit maltera pripremanog na isti način kao i u postrojenju za kondicioniranje u NE Krško.

Tabela 1. Rezultati eksperimentalnih merenja (u NE Krško)

Vrsta ispitivanja	Vremenski period(dani)	Rezultati
Otpornost na pritisak (MPa)	28	4,4
Permeabilnost maltera (cm^2)	28	$1,65 \cdot 10^{-12}$
Brzina curenja kroz malter (cm/dan)	300	$5,5 \cdot 10^{-4}$

Analiza dobijenih rezultata vermikulit maltera koji se primenjuje u NE Krško upućuje na sledeće:

- vermikulit malter je nehomogen po celoj zapremini bureta,
- ima izuzetno loše mehaničke karakteristike,
- loša permeabilnost (koja bi dozvolila brz prodor vode i ispiranje radionuklida,
- delovi vermikulit cementa udaljeni od centralnog dela gde je injektor, ostaju suvi, pa cement nije vezan i gubi osnovnu svrhu,
- smole nisu uopšte solidifikovane i pri prvom oštećenju metalnog bureta došlo bi do lomljenja "malternog kontejnera" i do ozbiljne kontaminacije, dakle nije zadovoljen osnovni zahtev bezbednog kondicioniranja RAO materijala.

Sva ova zapažanja ukazuju na potrebu izmene ovakvog tehnološkog rešenja, koje bi dalo solidnije rešenje kondicioniranja jonoizmenjivačkih smola.

Rezultati ispitivanja maltera razrađenog u IBK-Vinča

U Institutu za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, već nekoliko godina se radi na tehnologiji solidifikovanja jonoizmenjivačkih smola u cilju poboljšanja karakteristika solidificiranog medijuma. Postupci baziraju na mešanju smola prema odgovarajućim recepturama sa cementom, vodom, peskom i aditivima.

Recepture i tehnologija solidifikovanja smola zaštićene su od strane IBK-Vinča. Ispitivano je oko 60 različitih formulacija.

Kondicioniranje istrošenih jonoizmenjivačkih smola će biti izvedeno u betonskim kontejnerima ~950 l, koji će se takodje raditi prema sopstvenoj tehnologiji i recepturi (3).

Rezultati ispitivanja maltera u kome je solidifikovana MIXED-BED jonoizmenjivačka smola, prikazani su na tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati eksperimentalnih merenja (prema metodi IBK)

Formulacija	Otpornost na pritisak (MPa)	Permeabilnost (cm^2)	Brzina curenja radionuklida (cm/d), t=300 dana
MS_{32}	23	$7,4 \cdot 10^{-12}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$
MS_{33}	18	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$
MS_{34}	27	$2,2 \cdot 10^{-12}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
MS_{35}	14	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$
MS_{36}	19	$1,0 \cdot 10^{-11}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$

Zaključak

Poredjenjem rezultata vermikulit maltera i maltera dobijenog na bazi Portland cementa sa odgovarajućim dodacima u kome su imobilizirane istrošene jonoizmenjivačke smole, prema proverenoj recepturi, ukazuju na neminovnost izmene postupka kondicioniranja radioaktivnog otpada u NE Krško.

Mogu se preporučiti recepture: MS_{33}, MS_{34}, koje odogovaraju po svom kvalitetu preporukama IAEA.

Abstract

In the article is presented an examination of conditioning ion exchange resins which is used in NPP Krško disign WESTINGHOUSE, as well as new treatment developed by Institute "Boris Kidrič" - Vinča, that proved several advantages in conditioning of radioactive wastes.

Literatura

1. I. Plećaš, A. Kostadinović, Ž. Vuković, S.J.D.Z.Z. (1983)474
2. I. Plećaš, Waste Managenent '83, Tucson, USA, (1983)185
3. I. Plećaš, XI Regional Congress of IRPA, Vienna (1983)

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13. lipnja 1985.

Mašić N.
Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

DEKOMISIJA NUKLEARNOG ENERGETSKOG POSTROJENJA

Sažetak Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i o posebnim mjerama sigurnosti pri upotrebi nuklearne energije od 23.11.1984 nalaže u članu 13 korisniku nuklearnog objekta da je po povlačenju iz upotrebe objekta dužan provesti odgovarajuće sanacijske mjere na lokaciji,objektu i njihovoj okolici.Namjera je ovog priloga da pojasni što to znači "povlačenje iz upotrebe" i koje bi to mogle biti "odgovarajuće sanacijske mjere".

Povlačenje iz upotrebe nuklearnog objekta je u svijetu vrlo malo regulirano[1].Dijelom je to posljedica nesklonosti da se uspostave čvrsti kriteriji za nešto za što ne postoji dovoljno iskustvo.Do sada je u svijetu dekomisionirano preko 6o nuklearnih objekata ali niti jedna komercijalna nuklearna elektrana. Procjenjuje se da će do kraja ovog stoljeća preko loo nuklearnih elektrana prestati sa radom[2].Drugi razlog bi mogao biti što znatan broj zemalja koje su tek počele razvijati svoj program korištenja nuklearne energije želi iskoristiti iskustvo razvijenijih zemalja ,pa ne žuri s vlastitom regulativom.Budući da je kompletiranje nuklearnog gorivog ciklusa u nas daljnja budućnost,razmatranja u ovom prilogu odnosit će se samo na nuklearne elektrane.

Nuklearna elektrana se sastoji od nuklearnog otoka i klasičnog turbogeneratorskog postrojenja u kojem se oslobodjena fisiona energija pretvara u električnu struju.Sistemi,dijelovi i komponente uključeni u nuklearni otok su radioaktivni dok preostali dio u principu nije.Po konačnom gašenju elektrane, uklanjanju ozračenog goriva i radnog fluida preko 95% ukupne preostale radioaktivnosti vezano je uz reaktorsku posudu i njezin biološki štit.Najveći dio cijelog postrojenja (preko 8o%) nikada ne postaje radioaktivan i može se ukloniti ili ponovno koristiti bez ograničenja.Preostala radioaktivnost potječe iz dva izvora.Jedan je uslijed aktivacije strukturnog materijala (željezo,beton) koji je stalno bio podvrgnut neutronskom fluksu tokom rada postrojenja i drugi uslijed kontaminacije fisionim ili korozionim produktima.

Opće je prihvaćeno[3] da povlačenje iz upotrebe podrazumjeva sve one akcije koje se poduzimaju na kraju životnog vijeka nuklearnog objekta u cilju njegovog povlačenja iz upotrebe na način koji osigurava adekvatnu zaštitu zdravlja i

sigurnosti ljudi koji su uključeni u sam proces povlačenja,javnosti i okoliša. Sanacijske mjere koje se poduzimaju mogu značiti i samo obustavljanje rada uz odlaganje ozračenog goriva ali i potpuno uklanjanje nuklearnog objekta sa lokacije,što bi morao biti konačni cilj sanacije.Medjunarodna agencija za atomsku energiju prihvatila je takvu shemu dekomisije koja obuhvaća tri moguća stupnja. U prvom stupnju koji se može nazvati " zatvaranje pod nadzorom" iz nuklearnog objekta su uklonjene sve fisione materije,radni otpad te onaj koji nastaje dekontaminacijom primarnog kruga.Sve sigurnosne barijere ostaju u radnom stanju a pristup lokalnim aktivnim mjestima je blokiran.Cijelo postrojenje je pod neprekidnim nadzorom.Ova faza može potrajati sve dotle dok je integritet strukture očuvan.Drugi stupanj koji omogućuje ograničeno korištenje lokacije pretpostavlja uklanjanje svih radioaktivnih i ostalih djelova nuklearnog objekta izvan biološkog štita.Onečišćeni otpad se uklanja sa lokacije i privremeno sprema ili konačno odlaže.Reaktorska struktura se pečati a cijelo postrojenje se periodički nadzire.Posljednji stupanj podrazumjeva uklanjanje svih preostalih struktura i dovodjenje lokacije u prvobitno stanje.Nadzor više nije potreban.

Tokom radova na trećem stupnju dekomisije tri su moguća načina izlaganja zračenju: udisanjem,gutanjem i vanjskim ozračivanjem od radioaktivnih materijala. Za radnike koji rade na dekomisiji dominantan način izlaganja opasnosti od zračenja je preko vanjskog ozračivanja (drugi se mogu minimalizirati zaštitnim mjerama) dok je za javnost predominantan način izlaganja udisanjem.Za vrijeme transporta radioaktivnog otpada dominantan način izlaganja je uslijed vanjske radijacije.

Prema procjeni za referentni PWR reaktor[4] doze kojima su izloženi radnici tokom raspremanja nuklearnog objekta iznose 27o čovjek-rema.Izlaganje tokom transporta procijenjeno je na 99.5 čovjek-rema.Za usporedbu,prosječna godišnja radijacijska doza od postrojenja u pogonu je 45o čovjek-rema.Procjena je da radijacijska doza za javnost iznosi 2o.5 čovjek-rema i vezana je isključivo za transport radioaktivnog otpada.Ukupna doza kojoj bi bili izloženi radnici tokom sanacijskih poslova koji bi rezultirali neograničenom upotrebom lokacije,procijenjena je na 1183 čovjek-rema,dok je ona za javnost 21 čovjek-rema.Procjena za povlačenje iz upotrebe CANDU reaktora[5] (dva puta manje snage od referentnog PWR reaktora od 1175 MW(e)) je 6oo čovjek-rema.Primljene doze se smanjuju ukoliko konačno raspremanje nuklearnog objekta vremenski odložimo.Pokazuje se da konačno raspremanje ima smisla (barem kada je nivo zračenja u pitanju) odlagati do 3o godina.U tom vremenu aktivnost Co^{6o} opada do nivoa dugoživućeg nuklida Nb^{94} i nadalje se ukupna aktivnost malo mijenja.Na kraju kažimo da se smatra[6] da je nivo preostale radioaktivnosti koji dozvoljava neograničenu upotrebu lokacije,uz uvažavanje ALARA koncepta, u granicama od 1-1o mrem/godišnje.

Abstract

By the Yugoslav Federal Regulation the licencee is obliged to pursue with the decommissioning of the nuclear facility at the end of its useful life. The measures which then should be taken are discussed.

Literatura

1. O.von Busekist: Legal Aspects of the Decommissioning of Nuclear Facilities, IAEA-SM-234/45,Vienna,1979.
2. The Decommissioning of Nuclear Plants,IAEA,1979.
3. Decommissioning of Nuclear Facilities:Decontamination,Disassembly and Waste Management,IAEA,1983.
4. Technology,Safety and Costs of Decommissioning a Reference PWR Power Station, NUREG/CR-OL!O,U.S.NRC,1978.
5. G.N.Unsworth:Decommissioning of the CANDU-PHW Reactor,AECL-5687(1977).
6. Draft Generic Environmental Impact Statement,NUREG-o586,U.S.NRC,1981.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. jun 1985.

D. Petrović
Klinički centar Medicinskog fakulteta, OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

PREČIŠĆAVANJE VAZDUHA IZ TERMOELEKTRANA I TOPIONICA

Rezime. Autor je opisao postupak prečišćavanja vazduha iz termoelektrana i topionica, kao i efikasnost ovog postupka za pojedine zagadjivače. Razmotrena je mogućnost dobijanja novih vrednosti prečišćavanjem vazduha iz termoelektrana: pepeo, kao veštačko djubrivo, sumporna kiselina ili alkalni sulfati i odredjena količina tople vode (50-60 °C).

Uvod: Danas se koriste ogromne količine energije, a samim tim i razna vrsta goriva. Trend korišćenja energije ima ulaznu liniju, a i količine goriva koje se koriste: uran, ugljevi, nafta i prirodni gas. Svi izvori energije pri korišćenju oslobadjaju manje ili veće količine radioaktivnih i štetnih čestica, gasova i para. Pored ovih izvora postoje i drugi izvori ovih zagadjenja kao što je vazduh iz topionica. Pored štetnih komponenti koje odlaze u vazduh, gube se i velike količine toplotne energije. Smatramo da prečišćavanje vazduha iz ovih zagadjivača mora voditi računa i o ekonomskom efektu, a to je dobijanje novih vrednosti. Sastojci goriva i ruda kao što su: ugljenik, mineralni, prirodni radioaktivni elementi, sumpor, arsen, selen, teški i alkalni metali i njihova jedinjenja, pare i gasovi prolaze u obliku submikronskih (manjih od 1 μm.) čestica, para i gasova postojeće zaštitne sisteme i odlaze u slobodan prostor - atmosferu. Poseban problem je sumpor i njegova jedinjenja.

Postupak prečišćavanja: Postupak za prečišćavanje se obavlja sa visoko-ekspanzivnom penom u za(to konstruisanom uredjaju. Njen učinak se zasniva na velikoj dodirnoj površini dva sistema: gasni i tečni, kao i na velikoj mogućnosti većeg broja reakcija - višefazni sistem - sa velikom površinom, koja i naj-

manje verovatnu reakciju čini verovatnom.

Poznat je efekat velike površine na brzinu reakcije: oksidacija magnezijumovog praška i efekat napalm bombe. Svi hemijski aktivni gasovi mogu se ovim putem trajno ukloniti iz vazduha, pomoću visoko-ekspanzivne pene i prevesti u manje opasni, pogodni oblik. Hemijski neaktivni inertni gasovi se mogu ovim putem odredjeno vreme zadržati u rastvoru (pod stalnom kontrolom), ali se ne mogu trajno ukloniti iz životne sredine.

Mehanizam prečišćavanja pomoću visoko-ekspanzivne pene se zasniva na zarobljavanju odredjenog gasa u mehur pene i njegove vremenske izolacije u samoj peni. Pogodan je za inertne, kratkoživeće radioaktivne gasove i hemijski neaktivne gasove. Povratna difuzija ga ometa i ne može se ovim putem trajno ukloniti iz životne sredine. Uz prisustvo čestica prašine i dimova, moguća je sorpcija na njima i njihovo zadržavanje u rastvoru i do 3o dana (1).

Hemijski aktivni gasovi, pomoću fizičko-hemijskih reakcija na graničnim površinama visoko-ekspanzivne pene, mogu se trajno ukloniti iz životne sredine. Kontaminant, hemijski aktivan gas, koji se nalazi u mehuru sorbuje se na površini mehura, koja se sastoji iz površinski aktivne supstance i odabranih aktivnih radikala. Verovatnoća reakcije je velika, s obzirom na samu površinu sistema (1).

Narušavanje postignute ravnoteže na površini mehura-lameli se postiže drenažom sistema visoko-ekspanzivne pene (2), tako da reakcija ide do kraja, do najnižih koncentracija kontaminanta u mehuru. Transport mase-čvrste, tečne i gasovite u peni je veoma intenzivan i dobro proučen (3).

Ohladjene pare - čestice i druga prašina u mehuru, se takodje sorbuje na površinu mehura i lako se kvasi pod uticajem površinsko aktivnih supstanci u samoj peni (1). Postojeća ravnoteža se takodje narušava sistemom drenaže. Pored ovog sistema,koji je vezan za samu penu i dobro proučen (2), ravnoteža se poremećuje i samom tehnologijom pravljenja pene i njenom primenom u za to konstruisanom uredjaju (1). Efekat kvašenja čestica ugljenika je povećan, sa 0,1 % rastvorom pene, 10 i više puta u odnosu na destilovanu vodu (4).

Najveći problem, sumpor i njegova jedinjenja, u vazduhu iz ložišta, reaguju u uredjaju za prečišćavanje sa sledećim sastojcima u prašini: znacajne količine oksida alkalnih metala i zemnoalkalnih metala, koje su u vezi sa vrstom goriva i rude, i aluminijum oksidi u obliku silikata, alumo-silikata i aluminata. U uredjajima za prečišćavanje, anhidridi sumporaste i oksidovani anhidrid sumporne kiseline, pod uticajem tople vode i kiseonika iz vazduha (ili dodatog) delimično raslažu neke silikate, aluminate i čestice (sulfida i oksida) teških metala. Rastvoreni sumporoviti gasovi se vezuju i obradzuju sulfide (ili sulfate posle oksidacije) alkalnih, zemnoalkalnih i teških metala. Da se vežu sa ovim gasovima sposobni su takodje oksidi aluminijuma i gvoždja, koji se nalaze u prašini u većim količinama. U čistoj vodi je rastvorljivost sumporovitih gasova veoma mala, a takodje i hidroliza zemnoalkalnih metala. Ali je sasvim druga situacija kada je prisutan rastvoreni SO_2 i pod uticajem oksidacije na velikim površinama - SO_3, rastvoreni u vodi, proizvode hidrolizu sjedinjenih metala, koja se vrši brže i dolazi do neutralizacije izmedju H^+ jona iz sumporaste i sumporne kiseline i jona OH^-, kao rezultat se pojavljuje hidroliza soli metala.

Pri sagorevanju uglja čiji je prosečan sadržaj pepela oko 23 % i sumpora 1 %, dobijena je koncentracija SO_2 u vazduhu iz ložišta od 0,06 %. U uredjaju je vezano oko 90 % SO_2 koji je došao iz ložišta. Otpadna tečnost iz uredjaja je bila slabo kisela (pH oko 4, ali je očigledno postojao proces hidrolize, pošto se pH lako menjao). Za veće procente sadržaja sumpora u uglju, moguće je postići i veće procente prečišćavanja, koji se mogu povećati i drugim tehničkim rešenjima u samom postupku (povećani sadržaj kiseonika, veće količine pene ili korišćenjem uredjaja sa ponavljanjem postupka prečišćavanja).

Za odabranu brzinu vazduha od 3,5 m/sec, za količine vazduha koje su varirale oko 100.000 m^3/h, pri temperaturi vazduha od 250 - 300°C, dobijena je potrošnja vode od oko 0,15 l/m^3 vazduha, zagrejana na temperaturi od 50 - 60°C. Sam vazduh je pri tome ohladjen na 90°C. Uz povećanu potrošnju vode, moguće je i veći stepen iskorišćenja toplote. Usled varijacije količine vazduha potrošnja vode sa planiranih 0,15 l/m^3 vazduha, pe-

njala se i do 0,40 l/m^3 vazduha. Pri ovim parametrima, prašina je prečišćavana sa faktorom od 2-5 x 10^2 (faktor je odnos koncentracija pre i posle prečišćavanja vazduha). Kao što je već rečeno, SO_2 je prečišćen sa faktorom 0,9 x 10^2. Svi ostali sastojci vazduha se nisu mogli detektovati u prečišćenom vazduhu.

U laboratorijskim istraživanjima (1) dobijeni su sledeći faktori dekontaminacije za odredjene sastojke:

- prašina 10^3 i više
- SO_2 10^2- 10^3
- pare i čestice prirodnih radionuklida preko 10^3
- radon preko 10^3

Konstrukcija samog uredjaja, kao i njegova izrada je veoma jednostavna i ekonomična. Potrošnja vode se kretala u iznesenim vrednostima, a upotrebljena koncentracija same pene je iznosila 0,1 do 0,15 %. Troškovi eksplostacije su iznosili ispod 1,oo din/m^3 prečišćenog vazduha. Efekat dobijanja tople vode, alkalnih sulfata ili sumporne kiseline i pepela, kao veštačkog djubriva nije računat. Razume se da se tu dodaju i troškovi iskoriščenja ovih efekata.

U ovom trenutku su se stekli svi uslovi za izradu, projekta, uredjaja i postupka probnog načina prečišćavanja ovim putem.

Abstract

The autor presented a procedure of filtering air from power-stations and smeltiers, as well the procedure efficiency for some of contaminants. The possibllities of obtain new products by filtering of air from power-stations have been considered; ash as artifical fertilizier, sulfuric acid on alkaline sulphates as well a quantity of heating water (50 - 60°C).

Literatura

1. D. Petrović: Postupak za dekontaminaciju vazduha od radioaktivnih i drugih štetnih gasova pri akcidentu i normalnom radu, Patentni zahtev P-broj 84/82-818 od 14.01. 1982. g.
2. J.J. Bikerman; Foams, Ed.by Springer-Verlag, New York, 1973, pp. 159
3. J.T. Davies, E.K. Rideal; Interfacial Phenomena, Ed.Academic Press, 1963, II Ed, pp 3o1.
4. D. Petrović: Sorpcija gasova i čestica u visoko-ekspanzivoj peni, Magistarski rad, Beograd 1973. g., str. 34.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

PULA, 10 - 13 JUN 1985.

Zarić M.

Institut za nuklearne nauke " Boris Kidrič ", Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

PROBLEMI RADIOAKTIVNOG OTPADA KOJI NASTAJE KOD MEDICINSKE APLIKACIJE

Abstrakt. Dat je kratak pregled nastajanja različitih vidova radioaktivnih otpadnih materija kod medicinske aplikacije radioizotopa. Radioaktivni otpad je uslovno podeljen na standardni otpad, nastao kod pripreme za aplikaciju, na otpad,u vezi sa izlučivanjem iz tretiranih pacijenata i kao posebno, radioaktivni leševi. Naglašava se nedostatak regulative.

Kod primene radioizotopa za dijagnostičke ili terapijske namene, sa gledišta nastajanja radioaktivnih otpadnih materija, postoji nekoliko speoifičnih faza, koje medjutim nisu uvek dovoljno jasno rzgraničene.

Prva faza, povezana je sa nastajanjem radioaktivnog otpada usled viška primenjenih preparata i kontaminacije pomoćnih materijala (špricevi, posudje, papir, fata i sl). Ovako nastale otpadne materije, tečne ili čvrste, ne bi trebalo da predstavljaju problem, uzevši u obzir karakteristike primenjivanih izotopa. Naime, primenjujući postupak odležavanja i/ ili razblaživanja za tečni otpad, moguće je obezbediti nivo aktivnosti otpada, kada se može ispustiti u okolinu bez posledica. Medjutim u praksi nastaju problemi radi toga što često nije obezbedjen adekvatan prostor za odležavanje odnosno što se ne obezbedjuje potreban stepen razblaženja u odnosu na karakteristike recipijenta. Merenjem aktivnosti ukupnog efluenta, na izlaznom kanalizacionom kolektoru nekih ustanova, tačno je identifikovano vreme primene izotopa preko povećanja merene aktivnosti.

Druga faza nastajanja radioaktivnih otpadnih materija, obuhvata interval koji počinje od trenutka kada je pacijent primio radioaktivni preparat a koji se završava potpunim izlučivanjem radioaktivnog izotopa iz organizma odnosno odumiranjem izotopa. Tretirani pacijent, u datom intervalu, može da se posmatra kao nosač-kontejner radioaktivnog izotopa odnosno kao kontejner- generator radioaktivnog otpada. U predmetnom intevalu vremena, uslovno se može koristiti termin " iskorišćeni izotopi ", koji bi označavao prelazno stanje izmedju radioaktivnih izotopa za primenu i radioaktivnih otpadnih materija tj. poseban vid transporta radioizotopa kroz životnu sredinu. Prisustvo " iskorišćenih radioizotopa " uzrokuje odredjeno polje zračenja oko pacijenta a izlučivanje " iskorišćenih radioizotopa " dovodi do nastajanja radioaktivnih otpadnih materija i potencijalne kontaminacije okoline. Radi navedenog, a u zavisnosti od toga da li se radi o dijagnostici ili terapiji, pacijenti se posebno tretiraju. Kod dijagnostike, pacijent pre svega predstavlja problem kao izvor zračenja i kao takav podleže odredjenim ograničenjima (boravak u blizini trudnih žena i/ili dece). U pogledu rasprostiranja radioaktivnog otpada, putem ekskreta ili izlučivanja, tj. izazivanja kontaminacije, pacijenti tretirani radi dijagnostike ne predstavljaju ozbiljan problem kako radi nivoa primenjene aktivnosti tako i radi vrste primenjenih izotopa.

Kod terapije, svi pacijenti koji prime više od odredjene količine radioaktivnog preparata se hospitalizuju.[2.)] Oni predstavljaju problem i kao izvor zračenja i kao izvor radioaktivnog otpada odnosno kontaminacije. U pogledu zaštite od zračenja obezbedjuju se potrebna rastojanja i ekranizacije. Mnogo bitniji su radioaktivni otpaci, koji se pojavljuju preko urina, fecesa, znoja i disanja a koji dovode do kontaminacije okoline. Tretman navedenih radio-

aktivnih otpadaka predstavlja problem radi toga što zahteva opredelenje izmedju postupka odležavanja otpada i njegovog ispuštanja u okolinu. Izgradnja i održavanje uredjaja za odležavanje nije finansijski zanemarljivo a ispuštanje u okolinu povezano je sa karakteristikama recipijenta.

U obe opisane faze, problem radioaktivnih otpadaka može se u principu rešiti i na taj način, da se radioaktivni otpaci predaju specijalizovanim ustanovama za sakupljanje otpada. Medjutim, i ovaj način sakupljanja ima niz nedostataka.

Treća faza nastajanja radioaktivnog otpada nije česta a povezana je sa prestankom bioloških funkcija kod tretiranih pacijenata tj. smrti. Radioaktivna tela mogu da predstavljaju odredjeni rizik za lica koja dolaze u dodir sa telom ili se nalaze u neposrednoj blizini radioaktivnog tela. Takva tela predstavljaju i potencijalni uzrok kontaminacije životne sredine.

Kod standardnog tretmana tela (transport, pripreme za sahranu i sl.) ozračivanje traje kraće vreme a primljena doza po pravilu nije velika.[3.)] Bez obzira što je mogućnost kontaminacije minimalna, u odredjenim slučajevima treba primenjivati zaštitne mere- upotreba folija, rukavica i dr. O tome, da se navedeno realizuje, vodi se računa kod izdavanja leša koji sadrži radioizotope. Povećani rizik ozračivanja i kontaminacije, kod rukovanja sa radioaktivnim telima, nastupa kod obdukcije. Opasnost od zračenja i/ili kontaminacije naročito je velika kod profesionalaca - patologa koji često vrše obdukcije takvih tela. Poseban problem predstavljaju pojedini organi, od kojih neki mogu da budu i osnovni nosioci radioaktivnosti. Posle obdukcije, ukoliko ne postoje uslovi za sahranu, odležavanje tela i organa treba da se vrši u uredjajima za duboko zamrzavanje, što je uslovljava biološka priroda otpada. Razumljivo je da nabavka i održavanje uredjaja za o-

vakvu namenu predstavlja znatno finansijsko opterećenje.
Do nastajanja radioaktivnog otpada, čvrstog ili gasovitog, može da dodje prilikom kremiranja radioaktivnih tela, što predstavlja problem u odnosu na okolinu krematorijuma i osoblje zaposleno u njemu. U vezi svega navedenog, treba još reči da ni regulativa, koja se odnosi na ovu materiju, u nas nije ni dovoljna ni potpuna. Otvorena su pitanja o ispuštanju radioaktivnih otpadaka iz medicinske primene u kanalizacione sisteme, Tretman pacijenata koji primaju izotope i tretman nastalih specifičnih radioaktivnih otpadaka. Treba razmisliti, koja pitanja i u kom obimu treba regulisati u okviru planiranih propisa, koji su predvidjeni Zakonom o zaštiti od jonizjućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije.

Literatura. 1.) Matijašić A., Zarić M., Pendić S., Djordjević M. Transportni putevi radioaktivnih otpadaka posle medicinske primene.
Projekat " Istraživanje zaštite od jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja", RZNS, Beograd, 1981. god. sep. 19.
2.) ICRP Publication no 25
3.) Report on the Applicibility of International Radiation Protection Recommendations in the Nordic Countries. Liber Tryck, Stockholm, 1976.

Abstract. Radwaste Problems Originated on the Medical Application
In the course of the medical application of radioisotopes, different tipes of radioactive wastes are observed. These tipes are common radwaste, developed during preparation of the radioactive substances, radwaste originated from patient secrets and radioacive corpses. The shortage of regulations is emphsized.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juna 1985.

Milivojević K. i Stojanović D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za medicinsku zaštitu

DEKONTAMINACIJA KOD UDRUŽENE RADIJACIONE POVREDE

Sažetak U radu se razmatra stepen transvulnearnog prodiranja radiojoda i izbor postupaka i materija za efikasnu dekontaminaciju radiomiksta kod udruženih radijacionih povreda sa komponentama ozračivanja, ranjavanja i neposredne kontaminacije radiojodom. Dobijeni rezultati ukazuju da je nivo interne kontaminacije veći nego u uslovima posttraumatske kontaminacije bez prethodnog opšteg ozračivanja, što uglavnom uslovljava manju efikasnost dekontaminacije. Lokalna fiksacija, odnosno defiksacija radiojoda iz povredjenog tkiva različita je po obimu u zavisnosti od faze akutnog radijacionog sindroma.

Uvod

U eri sve šire primene radioaktivnih materija u raznovrsnim delatnostima, kao i razvoja nuklearne energetike u našoj zemlji, povećava se mogućnost nastanka udruženih radijacionih povreda različitog tipa, gde radiomiksti zauzimaju posebno važno mesto po mogućoj učestalosti, a značaj rešavanja problema proizilazi iz često nedefinisanih i neusaglašenih stavova u pogledu preduzimanja pojedinih mediko-profilaktičkih postupaka (1,2,3).

Ova eksperimentalna studija ima za cilj utvrdjivanje uticaja opšteg ozračivanja na procese prodiranja radiojoda iz ekscizione kožne povrede, mogućeg puta nastanka interne kontaminacije u praktičnom radu, kao i izbor materija i postupaka za efikasnu dekontaminaciju radiomiksta. Ispitivanja su vršena u zavisnosti od stanja kontaktne barijere, vremena trajanja kontakta radionuklida i povrede, hemijskog oblika radiokontaminanta, nivoa radioaktivnosti i pH rastvora, načina delovanja izabranih materija za dekontaminaciju i primenjenog tretmana. Procena efikasnosti dekontaminacije radiomiksta vršena je na osnovu ukupnog telesnog sadržaja prodrlog radiojoda i zaostale radioaktivnosti u dekontaminiranoj povredi.

Materijal i metoda

Eksperimenti su izvedeni na belim pacovima, narkotisanim uretanom. Svaka ogledna grupa brojala je po 15 životinja. Gama ozračivanje celog tela vršeno je na izvoru kobalta-6o visokom subletalnom dozom od 5 greja. U interskapularnoj regiji načinjena je eksciziona kožna rana sa defektom tkiva, kružnog oblika, prečnika 5 mm. Kontaminacija je izvedena nanošenjem na površinu rane 5o lamda rastvora NaJ^{131} sa pH=7.o, a radioaktivnost je iznosila 1,85 MBq. Kontaminacija je trajala lo, 3o i 12o minuta. Dekontaminacioni tretman se zasnivao na akciji ispiranja pomoću vakum sistema uz korišćenje 20 ml izabrane materije. Merenje radioaktivnosti celog tela i rezidualne aktivnosti u dekontaminiranoj regiji vršeno je na adaptiranom brojačkom uredjaju za kontrolu ukupne telesne radioaktivnosti kod malih eksperimetalnih životinja.

Rezultati i diskusija

Na tabeli 1 dat je prikaz telesnog sadržaja radioaktivnog joda, prodrlog u organizam preko ekscizione kožne rane kod ozračenih i kontrolnih-nezračenih životinja.

Tabela 1. Brzina nastanka i obim interne kontaminacije kod nanošenja rastvora NaJ^{131} na ekscizionu kožnu ranu

Trajanje kontaminacije (min)	Telesni sadržaj radiojoda, u % nanete radioaktivnosti	
	Ozračeni-ranjeni	Nezračeni-ranjeni
lo	52,59 ± lo,4o	28,4o ± 7,42
3o	9o,18 ± 4,61	74,92 ± lo,15
12o	95,41 ± 1,33	85,5o ± 3,82

Kod udruženog ozračivanja, ranjavanja i neposredne kontaminacije radiojodom nivo interne kontaminacije veći je u svim posmatranim vremenima trajanja kontaminacije, nego u uslovima posttraumatske kontaminacije bez prethodnog opšteg ozračivanja. Deset minuta nakon kontaminacije telesni sadržaj radiojoda je oko 2 puta veći kod ozračenih-ranjenih-kontaminiranih, u odnosu na neozračene kontrole (faktor uvećanja je 1,85).

Efekat dekontaminacije ekscizione kožne rane kontaminirane radiojodom neposredno po ranjavanju u uslovima postradijacione traume i kontaminacije prikazan je na tabeli 2.

Tabela 2. Efekat jodne tinkture u dekontaminaciji ekscizione kožne rane kontaminirane rastvorom NaJ^{131} (u % nanete radioaktivnosti)

Ogledna grupa	t (min)	Telesni sadržaj radiojoda	Zaostala radioaktivnost	Efikasnost dekontaminacije
R	1o	26,92 ± 6,35	14,92 ± 3,68	58,16 ± 6,35
	3o	74,8o ± 4,82	8,81 ± 1,89	16,39 ± 4,82
ZR	1o	61,43 ± 9,64	3,76 ± o,84	34,81 ± 9,64
	3o	89,63 ± 3,1o	3,65 ± 1,1o	6,72 ± 3,1o

t - vreme trajanja kontaminacije rane, odnosno vreme početka izvodjenja dekontaminacije

R - grupa životinja ranjenih i neposredno kontaminiranih radiojodom

ZR - grupa životinja ozračenih sa 5 Gy i posle 24 časa ranjenih i neposredno kontaminiranih radiojodom.

Za dekontaminaciju je korišćen 0,5% rastvor jodne tinkture, pošto je u našim ranijim ogledima ovom materijom postignut najbolji efekat dekontaminacije radiojoda (4). U poredjenju stepena prodiranja radiojoda transvulnearnim putem kod ozračenih i nezračenih životinja razlika je naročito uočljiva kod kraćeg trajanja kontaminacije (1o minuta), kada je telesni sadržaj kod ozračenih viši oko 2 puta u odnosu na nezračene životinje, što uglavnom uslovljava i različitu efikasnost dekontaminacije. Lokalna fiksacija, odnosno defiksacija radiojoda iz povredjenog tkiva različita je po obimu u zavisnosti od prethodnog izlaganja opštem ozračivanju, tj., od faze akutnog radijacionog sindroma i to ukazuje na potrebu izučavanja, pored interne kontaminacije, i lokalne fiksacije i defiksacije radionuklida sa aspekta primene tretmana kod složenijeg radijacionog povredjivanja.

Abstract

In this work were contemplated the degree of transvulnear penetration od radioiodine, as well as the choice of treatment and materials for efficient decontamination of radiomixte at combined radiation injuries with components of irradiation, wounding and immediate contamination with radioiodine. The results obtained showed that the obtained level of internal contamination was higher, as we found it in conditions of posttraumatic contamination without previously total irradiation, what was the reason of lower decontamination efficiency. The local fixation, i.e. dexixation in its volume, what depends on the phase of the acute radiation syndrom.

Literatura

1. Ilyn L.A., Ivanikov A.T., Radioaktivnie veščestva i rani, Atomizdat, M^Uskva, 1979.
2. Milivojević K.,Stojanović D., Proc. XI Refional Congress of IRPA, Austrian-Hungarian-Yugoslavian Radiation Protection Meeting "Recent Developments and New Trends in Radiation Protection", Vienna, 1983, Vol.2, str. 1o4
3. Pasquier C., Ducousso R., Seminar "Diagnosis and Treatment of Incorporated Radionuclides" IAEA-SR-6/39, Vienna,1976,str.553.
4. Milivojević,K. Stojanović D., Proc. VI Congress IRPA "Radiation-Risk-Protection", Berlin(West), 1984,Vol 2, str.853.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula 10.-13. jun 1985.

Pejušković B., D. Djurakić
Zavod za preventivnu medicinu VMA, Beograd

USPEŠNOST R-DEKONTAMINACIJE KOŽE U ODNOSU NA VREME EKSPOZICIJE

Prikazani su rezultati efikasnosti uklanjanja kontaminanta sa površine kože oglednih životinja - svinja kontaminiranih radioaktivnom prašinom sa jodom-131 uz korišćenje sredstava za dekontaminaciju (voda i površinski aktivne materije) u zavisnosti od dužine izloženosti kože kontaminaciji.

Kontaminacija kože radioaktivnim česticama nastaje prilikom rada u rudnicima urana, na nuklearnim postrojenjima i u laboratorijama koje koriste nuklearne sirovine i izotope, prilikom akcidenata na reaktorima, a redovno posle nuklearnih eksplozija. Prisustvo radionuklida na koži i sluznicama je štetno a zavisi od nekoliko faktora kao što su: količina i vrsta radioizotopa, njihovih radiohemijskih karakteristika, stanja kože i dr. Osnovnu radioaktivnu opasnost pri kontaminaciji kože radioaktivnim česticama je ozračivanje bazalnog epidermisa i prodor u organizam (kritični organi) (1,2).

Cilj rada. Polazeći od osobina kože kao zaštitnog omotača tela, te njenih morfoloških i fizioloških karakteristika hteli smo da utvrdimo kakva je efikasnost i uspešnost dekontaminacije u odnosu na dužinu ekspozicije kože radioaktivnim česticama,

Materijal i metode. Ispitivanje uspešnosti dekontaminacije vršeno je na oglednim životinjama - svinjama (30 komada), težine 12 - 15 kg., starosti oko 3 meseca. Kao kontaminant poslužila je sintetička radioaktivna prašina sa ^{131}J čija specifična težina je iznosila 2,51 a specifična aktivnost 15.5 x 10^5 Bq. Kontaminirana je

površina boka svinja od 3 dm^2(20x15 cm), za što je upotrebljeno 0,3 g radioaktivne prašine. Pre kontaminacije sa kože su uklonjene dlake šišanjem a nečistoća suvom četkom. Posle kontaminacije životinje su dekontaminirane i to prva grupa posle pola časa druga posle 2 a treća posle 6 časova ekspozicije. Dekontaminacija je vršena oranjem vodom kao i 1% rastvorom deterdženta (Vist) a zatim je sušena papirnim ubrusom. Merenje aktivnosti vršeno je pre dekontaminacije i posle izvršene dekontaminacije brojačem KOMO-TN sa halogenim brojačem na rastojanju od 1,0 cm od površine kože. Dobijeni rezultati su izraženi u Bequerelima, statistički su obradjeni i izračunate srednje vrednosti i standardna devijacija.

Rezultati i diskusije. U tabeli 1 prikazani su rezultati uklonjene aktivnosti sa površine kože i kreću se pri upotrebi samo vode kao dekontaminacionog sredstva od 95,51% posle polačasovne ekspozicije do 91,05% posle šestočasovne izloženosti, dok kod upotrebe površinski aktivnih materija (deterdžent-Vist) efikasnost dekontaminacije se kreće od 99,23% kod polučasovne do 96,41% posle šestočasovne ekspozicije kontaminaciji.

Tabela 1.

EFIKASNOST DEKONTAMINACIJE KOŽE OGLEDNIH ŽIVOTINJA U FUNKCIJI VREMENA

Ogledne životinje	Dekontaminacija izvršena posle	N	Sredstva za dekontaminaciju	
			Voda M ±	Deterdžent M ±
I	30 minuta	10	95,51% ± 2,53	99,23% ± 0,66
II	2 časa	10	93,79% ± 2,74	98,36% ± 1,25
III	6 časova	10	91,05% ± 1,05	96,41% ± 0,79

Zaostala aktivnost na koži merena posle izvršene dekontaminacije takodje zavisi od upotrebljenog sredstva i ona za vodu iznosi 6,21% a za deterdžent 1,77% (posle dvočasovne ekspozicije).

Na dekontaminabilnost kože znatan uticaj ima dužina prisustva kontaminanta na površini kože. Prema podacima iz literature (3,4) sa produženjem vremena kontakta radioaktivnih materija sa kožom efikasnost uklanjanja istih se snižava toliko da pri izvršenju dekontaminacije posle 24 časa od momenta kontaminacije smanjuje se za 2 i više puta. U našim ispitivanjima prema priloženim podacima uspešnost dekontaminacije opada sa vremenom ekspozicije, a dosta je zavisna i od sredstava upotrebljenih za dekontaminaciju. Kod slabijih sredstava kao što je voda uspešnost je manja dok kod površinski aktivnih materija efikasnost je bolja. Ovo tumačimo činjenicom da voda deluje fizičkim načinom na uklanjanje kontaminanta sa površine rožastog sloja epidermisa jer nije čvrsto fiksiran za taj sloj, dok površinski aktivna materija zbog boljeg prodiranja u površinski sloj stupa u kontakt sa česticom i odvaja od epidermisa i time pokazuje bolju dekontaminacionu efikasnost.(5).

L i t e r a t u r a:

1. Effects of Nuclear War on Health and Health Services, Report of the International Committee of Experts in Medical Sciences and Public Health to Implement Resolution WHA 34.38, WHO, Geneva, 1984.

2. Conard R.A., P.E.Cronkite V.P. Bond-: Fallaut Radiation.Effect on the Skin, Atomic Medicine New York, Villiams-Wilk, 1959.

3. Tarasenko N. Ju. et all.: Zaščita i očistka kožnyh pokrovov ot radioaktivnyh zagrjaznenii, Medicina, Moskva, 1972.

4. Felton J.S., Rozas C.J.: Decontamination of Human Skin Experi-

mentally Soiled by Radioactive Materials, Archives of Enviromental Health, 1, 87-95, 1970.

5. Pejušković B. doktorska disertacija: "Efikasnost dekontaminacije kože ljudi eksperimentalnih životinja radioaktivnom prašinom, Beograd, 1980.

Thirty animal, pigs, divided into three experimental groups were decontaminated after being exposed fo radioactive dust for 30 minutes, 2 hours and 6 hours, respectively. The obtained decontamination results ranged from 91.05 percent to 99.3 percent, depending on the duration of the exposure and the decontamination means used.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

Prof.dr Mirko Gačević, potpukovnik VP 2416 Sarajevo,
Jevrosima Begović, fizikohemičar, viši stručni saradnik,
Dr Slobodanka Stanković, naučni saradnik i
Dr Radoslav Mitrović, naučni saradnik - Institut za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Zemun.

MOGUĆNOSTI RADIOLOŠKE DEKONTAMINACIJE ŽIVINSKOG MESA

Autori su ispitivali peroralnu kontaminaciju kokošaka sa simuliranom smješom fisionih produkata $Sr^{89,85}$, J^{131} i Cs^{137}. Poslije peroralne kontaminacije sa 4 različite doze (od 1,195-9,065 MBq) životinje su žrtvovane 24 h poslije kontaminacije. U butnoj i grudnoj muskulaturi odredjivana je specifična radioaktivnost. Pošto je nivo radioaktivnosti u mesu bio viši od dozvoljenih normi za vanredne uslove pristupilo se radiološkoj dekontaminaciji mesa sa pripadajućim kostima metodom kuvanja u ekspres loncu (30 min.) ili potapanjem u različite koncentracije rastvora NaCl u toku dva dana. Dobijeni rezultati ukazuju da se ovim postupcima može smanjiti radioaktivnost u živinskom mesu od 10-90%.

U v o d

U slučaju upotrebe nuklearnog oružja ili akcidentalnih situacija u mirnodopskoj primjeni nuklearne energije najveća opasnost za sve, pa i domaće životinje prijeti od radiološke kontaminacije sa različitim radioizotopima koji su nastali kao produkt fisije na širokom prostoru od centra nuklearne eksplozije (1,3). Od produkata fisije biološki najveći značaj imaju izotopi J, Sr i Cs. Ovo zbog toga što ovi izotopi nastaju u velikom procentu u toku fisije i što su biološki vrlo aktivni i lako se uključuju u biološki ciklus kruženja u prirodi: vazduh - voda - zemlja - biljka - životinja - čovjek (2). Radiološka kontaminacija domaćih životinja sa ovim radionuklidima nastaje najčešće alimentarnim putem preko kontaminirane hrane i vode. Zadatak nam je bio da ispitamo radiološko-hemijsku ispravnost mesa kokošaka za ishranu ljudi u vanrednim uslovima poslije peroralne kontaminacije životinja sa nekim od produkata fisije s obzirom na MDK za ove radionuklide. Kad je radioaktivnost prelazila dozvoljene granice vršili smo radiološku dekontaminaciju. Pri izboru metoda za dekontaminaciju opredijelili smo se za one postupke koji su najednostavniji a primjenjuju se najčešće kao kulinatski ili tehnološki postupak kod primene mesa.

Materijal i metod rada

Eksperimenti su vršeni na domaćim kokoškama, kao najbrojnijoj vrsti pernatih domaćih životinja, rase "Prelux", starih 8-12 mjeseci i prosječne tjelesne težine oko 2100 g. U toku čitavog eksperimenta životinje su držane individualno u metaboličkim kavezima. Peroralna kontaminacija vršena je pomoću simulirane fisione smješe izotopa $Sr^{89,85}$, J^{131} i Cs^{137} čija je radioaktivnost bila u relativnom odnosu 44,4%:20,0%:33,7%. Kontaminant je pripremljen u vidu vodenog rastvora, čija je specifična radioaktivnost iznosila 1,195 MBq/ml. Kontaminacija je vršena pomoću šprica i gumenog katetera direktno u jednjak životinja, tako da nije bilo gubitaka radioaktivnosti. Životinje su bile podijeljene u 4 grupe:

I grupa je kontaminirana jednokratno sa dozom od - 1,295 MBq
II grupa je kontaminirana dvokratno sa dozom od - 2,590 MBq
III grupa je kontaminirana šestokratno sa dozom od - 7,770 MBq
IV grupa je kontaminirana sedmokratno sa dozom od - 9,065 MBq

Kod višekratne kontaminacije unošene su jednake doze radioaktivnosti svakog dana u jednakim vremenskim intervalima. Sve životinje su žrtvovane 24 h poslije završene kontaminacije i uzimati su uzroci raznih organa i tkiva i u njima odredjivana specifična gama-radioaktivnost pomoću mjernog uredjaja "Philips", čija je efikasnost iznosila 27. Specifičnu gama-radioaktivnost preračunavali smo u MBq/kg.

Radiološka dekontaminacija metodom kuvanja vršena je na taj način što je meso kuvano u vodi u ekspres loncu 30 min. Dekontaminacija mesa salamurenjem vršena je tako što je butna i grudna muskulatura sa pripadajućim kostima potapana i u 10 i 13% rastvor NaCl. U ovom rastvoru uzorci mesa su ostali 2 dana na temperaturi +4°C. Kao pokazatelj uspjeha kontaminacije uzimali smo % skinute radioaktivnosti u odnosu na nivo radioaktivnosti u mesu prije dekontaminacije.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati sistematizovani su i prikazani u tabeli br. 1 i 2. Iz tabele 1 se vidi da je nivo radioaktivnosti i u kostima i u mišićima utoliko veći ukoliko je veća data doza radioaktivnosti, medjutim ova zavisnost nije linearna. Kod svih doza veća je radioaktivnost u kostima nego u mišićima što je posledica tropizma srtoncijuma prema kostima. Ako kao kriterijum

za procjenu upotrebljivosti kontaminiranog živinskog mesa uzmemo norme o MDK za fisionu smjesu nepoznate starosti, kao što je ovdje slučaj (do 14 dana 0,0555 MBq/kg; do 30 dana - 0,0185 MBq/kg i do godinu dana - 0,000222 MBq/kg) proizilazi da je meso ovih životinja neupotrebljivo za ljudsku ishranu bez dodatne dekontaminacije.

TABELA-1. Ukupna gama-radioaktivnost u živinskom mesu u zavisnosti od ukupno primljene doze fisione smjese (u MBq/kg)

Vrsta uzorka	Grupe životinja			
	I grupa	II grupa	III grupa	IV grupa
Butni mišići	0,0555	0,0364	1,0767	1,4615
Tibija + femur	1,5947	2,9193	5,2799	4,8581
Batak	0,2775	0,5513	0,9620	5,9200
Grudna musk.	0,2331	0,2220	0,4884	0,6179
Sternum	1,2432	1,5688	2,7195	2,2718
Grudi	0,0407	0,2775	0,3182	0,7844

Kod izbora metoda dekontaminacije strukturno kontaminiranog mesa opredijelili smo se za one koje su najednostavnije a mogu se bez iakvih štetnih posledica upotrebiti u svakom domaćinstvu, a to je kuvanje u vodi i potapanje u rastvor kuhinjske soli. Mada se salamurenje ne primjenjuje često u tehnologiji konzerviranja živinskog mesa primijenili smo ovu metodu jer se sveže meso u ovom rastvoru duže čuva bez kvara. U našoj stručnoj literaturi se obično navodi da se meso koje je strukturno kontaminirano radioaktivnim materijama ne može dekontaminirati nikakvim metodama. Pri izboru vode ili vodenog rastvora kuhinjske soli za dekontaminaciju rukovodili smo se time da je u fisionoj smješi zastupljen J i Cs čije su soli hidrosolubilne. Naša predpostavka se pokazala ispravnom, jer smo ovim jednostavnim postupcima dekontaminacije uspjeli da skinemo od 10-90% prisutne radioaktivnosti u živinskom mesu što je iznad svih očekivanja (tabela 2). Nešto je veći efekat dekontaminacije živinskog mesa pomoću slanog rastvora NaCl.

TABELA-2. Efekat radiološke dekontaminacije živinskog mesa metodom kuvanja i salamurenja izraženo u % skinute radioaktivnosti

Vrsta mesa	Način dekontaminacije	Grupe životinja			
		I grupa	II grupa	III grupa	IV grupa
Batak	10% NaCl	85,24	86,78	88,97	84,82
	13% NaCl	85,12	81,47	76,92	74,05
	kuvanjem	67,00	9,70	77,60	87,70
Grudi	10% NaCl	79,00	91,56	79,41	77,74
	13% NaCl	24,96	90,99	75,47	44,76
	kuvanjem	69,00	36,50	34,40	63,50

THE POSSIBILITIES OF RADIOACTIVE DECONTAMINATION OF POULTRY MEAT

M.Gačević, Jevrosima Begović, Slobodanka Stanković, R.Mitrović

The authors examined peroral contamination of hens with the simulating mixture of fission products $Sr^{89,85}$, J^{131} and Cs^{137} with 4 doses (from 1,195-9,065 MBq). The animals were executed 24 hours after contamination. Specific radioactivity in breast and leg musculature with corresponding bones was determined. Radioactive decentamination of meat by cooking (30 minutes in Papin's digester) and by brining (2 days) points out that radioactivity in meat could be reduced in this way from 10-90%.

L i t e r a t u r a

1. Voken, G.G.: Veterinarnaja radiologija, "Kolos", Lenjingrad, 1973.

2. Karavaev, V.M. i saradnici: Veterinarno sanitarnaja ekspertiza produktov životnovodstva pri radijacionin poraženijan, "Kolos" Moskva, 1967.

3. Petrović, B., Panjević, D.: RB zaštita stočnog fonda. Naučna knjiga, Beograd, 1968.

4. Simon, S.: Atlas Medical des radionucléides utilisé en médicine, biologie, industrie et agricuiture. Ezroatom, Bruxelles, 1971.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Bujan M., Despotović Lj. i Despotović R.
Institut "Ruđer Bošković", OOUR Tehnologija, Nuklearna Energija i Zaštita, Zagreb

DEKONTAMINACIJA POVRŠINA TEHNIČKIH MATERIJALA

Na osnovi eksperimentalnih podataka dobivenih istraživanjem kontaminaciono-dekontaminacionih ravnoteža radionuklida iz vodene faze u kontaktu sa čvrstom fazom različitih tehničkih materijala razmatra se tok kontaminacije, odnosno dekontaminacije. U eksperimentu su upotrebljeni radionuklidi 51-Cr i 152-Eu sa 11 različitih površina tehničkih materijala. Za opažene pojave i praktičnu primjenu ispitivanih procesa dane su odgovarajuće termodinamske osnove za objašnjenje kontaminaciono-dekontaminacionog procesa.

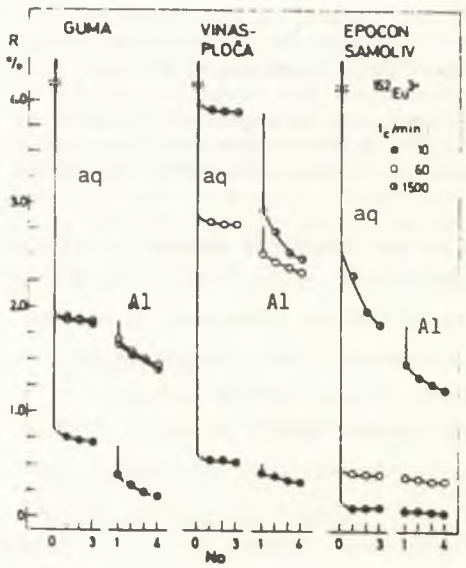
DECONTAMINATION OF TECHNICAL MATERIAL SURFACES

On the basis of the experimental data collected on contamination-decontamination equilibria of radionuclides from the selected surfaces of various technical materials decontamination of radionuclides is discussed. The radionuclides 51-Cr and 152-Eu with 11 various technical materials were used throughout measurements. An adequate description of thermodinamic principles on which observed phenomena and practical application of the employed contamination-decontamination processes are based is given in the paper.

U V O D Dekontaminacija površina je nužnost za sve tehnološke sisteme, u kojima radioaktivni izotopi,u obliku otopljenih soli, dolaze u dodir sa stijenkama tehnološke opreme. Gomilanje kontaminanata na takovim površinama je vrlo nepoželjno za otopine visoke aktivnosti i kada su kontaminirane površine eksponirajuće prema operateru. Ne ulazeći u druge probleme, razlog zaštite operatera od utjecaja ionizirajućeg zračenja uvjetuje izbor takovih radnih površina, koje se mogu jednostavno dekontaminirati. Program izrade odgovarajućih tehnoloških sistema zato pretpostavlja i nužnost utvrđivanja najpovoljnijih tehnoloških materijala, čije će se površine najefikasnije dekontaminirati, odnosno za koje je ukupna kontaminacija najmanja. Cilj je ovog rada, da se na odabranim primjerima ukratko pokaže rezultate ispitivanja primjenljivosti raspoloživih domaćih materijala za primjenu u izradi odgovarajućih zaštitnih ploha u sistemima koji će biti u dodiru sa otopinama radioaktivnih izotopa.

M J E R E N J A Provedeno je mjerenje ukupne dekontaminacije R% kontaminanta sa površine i dijela sorpcijom vezanih radionuklida, te dekontaminacija r% sorbiranih radionuklida sa slijedećih površina: ultrapas, teflon, polietilen, pleksi staklo, poliamid, juvidur neobojeni, juvidur zeleni, terluran.

guma, vinas i epocon-samoliv. Sa 50 mikrolitara otopine radionuklida kontaminirane su planšete ispitivanih materijala (20 mm promjera). Otopina kontaminanta ostavljena je u kontaktu sa površinom planšete kroz t_c = 10, 60 i 1500 minuta, a zatim je sa tri puta po 100 mikrolitara vode u celulozi skinuta kontaminirajuća otopina. Mjerenjem radioaktivnosti zaostale na planšeti nakon ispiranja u odnosu na aktivnost 50 mikrolitara istovjetne otopine određena je ukupno zaostala radioaktivnost R% , Nastavljanjem ispiranjem sa otopinom 0,001 M $Al_2(SO_4)_3$ u istim alikvotima (dekontaminacija) određene su nove vrijednosti R% . Uzimajući R% kao inicijalnu aktivnost kontaminacije sorbiranih radionuklida, određen je postotak kontaminacije r%. Europij i krom primjenjeni su u kiselom mediju u kationskom obliku. Rezultati su prikazani detaljno za kontaminaciju europijem u Tabeli 1., reducirano za komparaciju kontaminacije kromom i europijem i grafički samo za kontaminaciju podnih masa.



Slika 1. R% mjeren na podnim masama kontaminiranim otopinom $^{152}Eu^{3+}$ kroz t_c = 10, 60, 1500 minuta. R% je određivan nakon ispiranja vodom (aq), odnosno dekontaminacijom Al-sulfatom (Al) .

R A Z M A T R A N J E R E Z U L T A T A Prema grafički prikazanim rezultatima na slici 1. može se zaključiti po toku krivulja "zaostala radioaktivnost (R%) kao funkcija rednog broja eluiranja (No) radioaktivnosti", da sve ispitane raspoložive podne izolirajuće mase pokazuju neotpornost prema kontaminaciji, koja je viša za dulje vrijeme kontakta sa kontaminirajućom otopinom. Za male ukupne aktivnosti otopina radionuklida te su mase pogodne. Efikasnost pranja i dekontaminacije je najniža za gumu, a najviša za

TABELA 1. Zaostala srednja aktivnost $\bar{R}$ nakon ispiranja vodom kontaminiranih pločica; zaostale aktivnosti R_1 ... R_4 nakon dekontaminacije otopinom Al - sulfata, za uzorke koji su bili u kontaktu sa radioaktivnom otopinom kroz t_c = 10, 60 i 1500 minuta.

Materijal:	t_c/min	$\bar{R}$	R_1	R_2	R_3	R_4
Ultrapas	10	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07
	60	0.73	0.34	0.26	0.24	0.23
	1500	0.98	0.76	0.66	0.62	0.58
Teflon	10	0.14	0.11	0.10	0.09	0.09
	60	0.62	0.51	0.48	0.45	0.43
	1500	2.22	1.57	1.17	0.99	0.85
Polietilen	10	0.23	0.35	0.36	0.04	0.04
	60	0.38	0.10	0.09	0.08	0.07
	1500	1.31	0.56	0.45	0.30	0.26
Pleksi staklo	10	0.13	0.04	0.03	0.02	0.02
	60	0.32	0.21	0.18	0.15	0.15
	1500	1.77	1.03	0.86	0.74	0.53
Poliamid	10	0.14	0.05	0.05	0.04	0.02
	60	0.43	0.27	0.17	0.13	0.13
	1500	1.88	1.10	0.85	0.76	0.62
Juvidur	10	0.24	0.11	0.08	0.06	0.05
	60	0.83	0.61	0.57	0.52	0.50
	1500	3.65	3.17	2.81	2.59	2.19
Juvidur zeleni	10	0.64	0.43	0.34	0.32	0.32
	60	0.78	0.59	0.51	0.49	0.45
	1500	1.93	1.12	0.83	0.71	0.62
Terluran	10	0.04	0.02	0.02	0.01	0.07
	60	0.21	0.09	0.07	0.06	0.05
	1500	1.39	0.75	0.55	0.51	0.45
Guma	10	0.74	0.41	0.28	0.24	0.18
	60	1.86	1.69	1.57	1.52	1.47
	1500	1.88	1.66	1.55	1.52	1.41
Vinas ploča	10	0.54	0.44	0.41	0.36	0.35
	60	2.48	2.53	2.47	2.38	2.36
	1500	3.92	2.95	2.76	2.54	2.48
Epocon samoliv	10	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07
	60	0.43	0.40	0.39	0.38	0.37
	1500	2.05	1.48	1.37	1.31	1.24

TABELA 2. Postotak r% zaostale inicijalne radioaktivnosti R% nakon dekontaminacije planšeta otopinom Al - sulfata.

Materijal:	%	$^{51}Cr^{3+}$				$^{152}Eu^{3+}$			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Ultrapas	R	2.81	2.55	2.53	2.49	0.76	0.66	0.62	0.56
	r	99	90	89	88	84	73	69	64
Teflon	R	4.94	4.89	4.86	2.80	1.57	1.17	0.99	0.85
	r	100	99	98	97	75	56	47	40
Polietilen	R	7.98	7.97	7.91	7.78	0.56	0.45	0.30	0.26
	r	100	99	99	97	51	40	26	23
Pleksi staklo	R	6.58	6.56	6.10	6.00	1.03	0.86	0.74	0.53
	r	100	100	93	91	64	54	46	33
Poliamid	R	5.37	5.29	5.26	5.22	1.10	0.85	0.76	0.62
	r	99	98	97	97	62	48	43	35
Juvidur	R	3.78	3.74	3.71	3.68	3.17	2.81	2.59	2.19
	r	98	97	96	95	89	78	72	61
Juvidur zeleni	R	7.17	7.18	7.15	7.11	1.12	0.83	0.71	0.62
	r	99	99	98	98	62	46	39	35
Terluran	R	7.51	7.42	7.24	7.19	0.75	0.55	0.51	0.45
	r	99	97	95	94	61	45	42	37
Guma	R	7.29	7.22	7.19	7.14	1.66	1.55	1.52	1.41
	r	100	99	99	98	89	84	82	76
Vinas ploča	R	6.53	6.41	6.35	6.31	2.95	2.76	2.54	2.48
	r	98	97	96	95	75	70	65	63
Epocon samoliv	R	2.67	2.66	2.63	2.63	1.48	1.37	1.31	1.24
	r	97	97	96	96	80	74	70	67

epocon-samoliv. Efikasnost dekontaminacije za europijem kontaminirane površine (Tabela 1.) pokazuje, da je nivo kontaminacije nakon pranja i dekontaminacije za površine, koje su različito vrijeme kontaminirane, različit i u zavisnosti o ponavljanju broja pranja i broja dekontaminirajućih operacija (No). Pranjem vodom najefikasnije se dekontaminira ultrapas, jednokratnim ili višekratnim tretmanom podjednako dobro se dekontaminiraju površine ultrapasa, pleksi stakla, poliamida, juvidura zelenog i terlurana, a uz najpovoljniji rezultat na polietilenu, dok je juvidur neobojeni najnepovoljniji. Podne mase guma, vinas i epocon-samoliv bitno se lošije dekontaminiraju od ostalih ispitivanih materijala. Usporedivanjem podataka za dekontaminaciju kroma i europija (Tabela 2.) pokazuje, da je krom bitno penetrantniji kontaminant, tako da se svi ispitivani materijali loši, a ultrapas posjeduje nešto bolja svojstva.

Proces kontaminacije odvija se u prostoru uz površinu ispitivanih materijala, a vremenska zavisnost interakcije sa ionskom vrstom izravno upućuje na procese vremenski zavisne o difuziji kontaminirajućih radionuklida. Visoka kontaminacija radionuklidom kroma vjerojatno je i poslijedica mogućih redoks procesa karakterističnih za ovaj ion u kontaktu sa organskim matriksom ispitivanih materijala. Supstitucija trovalentnih iona kroma i europija moguća je u skladu sa bilogaritamskim pravilom ionske zamjene i pomoću trovalentnog iona aluminija, dakle pomoću neizotopnih nosača , što je u skladu i sa rezultatima prethodnih istraživanja kontaminaciono-dekontaminacionih ravnoteža (1). U procesima dekontaminacije kod kojih je neznatan utjecaj kemijskih reakcija na granici faza uz promjenu oksidacijskih stanja reagirajućih kemijskih vrsta, zato se i kvantitativno mogu pratiti procesi kontaminacije-dekontaminacije kao adsorpciono-desorpcioni , odnosno procesi ionske zamjene. Brzina difuzije u graničnom sloju pri tome je faktor koji određuje ukupnu brzinu procesa. Odabrani radionuklidi u ionskom obliku su kao trovalentni ioni vrlo nepovoljni kao kontaminanti u skladu sa bilogaritamskim pravilom ionske zamjene, jer se vrlo efikasno vežu na podlogu sa kojom su u kontaktu. Međutim, i u ovim je sistemima, kao što se to redovito nalazi u tehnološkim sistemima, prisutan kompleks reakcija u graničnom sloju, koje kao kolektivni efekt fizičkih i kemijskih reakcija ipak pružaju sliku za mogući izbor najpovoljnijeg materijala za izradu opreme u kojoj će proticati tekućine sa radioaktivnim materijalima.

Citati: (1) M. Mirnik, M. Herak i R. Despotović: ZBORNIK radova I. Jugosl. simpozija o zaštiti od zračenja (Portorož) pp165.,
R. Despotović: ZBORNIK radova V- Jugosl. simpozija o zaštiti od zračenja (Bled - 1970) pp39.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. lipnja 1985.

Filipović-Vincković N.

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

O SVOJSTVIMA DEKONTAMINACIJSKIH PODSISTEMA

Sažetak Istraživani su odnosi između adsorpcije tenzida na granici faza, asocijacije u otopini i vezanja kontaminanta na tenzide. Rezultati su pokazali da dekontaminacija počinje stvaranjem zasićenog sloja na granici faza odnosno pojave micela u otopini. Dodaci koji povećavaju koncentraciju tenzida na granici faza i kapacitet vezanja protuiona na micele pospješuju i dekontaminacijsko djelovanje.

Uvod

Dekontaminacija postrojenja, opreme i radnih prostora je jedan od načina zaštite osoblja od zračenja u nuklearnim postrojenjima. Uklanjanje radioaktivnog kontaminanta kemijskom dekontaminacijom obuhvaća dodir kontaminanta i kemijskog reagensa odnosno prijelaz kontaminanta u otopinu za dekontaminaciju. Sasvim općenito, svi tipovi uobičajenih sredstava za pranje se mogu uptrebiti za dekontaminaciju pa se dekontaminacija deterdžentima može razmatrati kao specijalni slučaj pranja. Otopine za dekontaminaciju su složeni sistemi (anionski tenzidi, smjese tenzida, elektroliti, EDTA itd.) koji se sastoje od više podsistema. Istraživanja mehanizma međudjelovanja u podsistemima i konačno u složenom sistemu mogu nam dati mogućnost za novu i bolju primjenu. Karakteristična svojstva tenzida u vodenoj otopini, koja omogućuju praktičnu primjenu, kao što je pranje, močenje, emulgiranje, dispergiranje itd., zavise o nastojanju tih spojeva da se nakupljaju na granici faza i u volumenu otopine s orijentacijom hidrofilnog dijela molekule prema vodi. Nastajanjem asocijata odnosno micela i adsorbiranih slojeva na graničnim plohama uspostavlja se određena ravnoteža između monomera i asocijata s adsorbiranim slojevima. U prisutnosti elektrolita , drugih tenzida kao i ostalih dodataka u komercijalnim sredstvima za pranje te se ravnoteže mijenjaju u smislu boljeg i efikasnijeg djelovanja tenzida pa su istraživanja odnosa između fizičko-kemijskih promjena i dekontaminacijskog djelovanja od naročitog interesa za primjenu.

Materijal i metoda

Zbog složenosti međudjelovanja i brojnih procesa uključenih u pranje odnosno dekontaminaciju (fizičko-kemijski, mehanički, geometrijski faktori) izvršena su ispitivanja u dekontaminacijskom sistemu s konstantnom kontaminiranim površinom (pločica od nerđajućeg čelika), konstantnim kontaminantom ($AgNO_3/Ag^{110}$, Institut "Boris Kidrič", Beograd) i uz stalne mehaničke i geometrijske uvjete. Moguće međudjelovanje kontaminanta i kontaminirane površine (korozija npr.) nije posebno razmatrano. Osnovne aktivne komponente deterdženata, tenzidi su varirani u odnosu na sadržaj i koncentraciju. Kao anionska komponenta je korišten natrij-dodecilbenzensulfonat, HDBS, (Prva Iskra, Barić) , a neionska triton X-100, T-X-100, (Rhom and Hass Co.). Podsistemi HDBS/elektrolit, HDBS/T-X-100 i HDBS/T-X-100/elektrolit su stareni i mjereni na 293 K.

Na osnovi mjerenja napetosti površine, σ , (torziona vaga), promjene koncentracije vezanih protuiona na asocijate tenzida (iz promjena emf ćelije $Ag/Ag_2S/c/KNO_3/KBr + KNO_3/AgBr/Ag$) i dekontaminacijskog efekta, DF, (omjer radioaktivnosti kontaminirane i dekontaminirane pločice) određen je odnos promjena strukture otopina tenzida i dekontaminacijskog djelovanja.

Rezultati i diskusija

Osnova djelovanja tenzida u procesu pranja je da promjenom energetskih odnosa na graničnim plohama između nečistoće i zaprljane površine uzrokuju odvajanje nečistoće od površine; suspendira nečistoću u otopini i sprečava ponovo nanošenje na površinu koja se pere. Odvajanje nečistoća odnosno kontaminanta od kontaminirane površine postiže se stvaranjem adsorbiranih slojeva na graničnim plohama (otopina/kontaminant, otopina/kontaminirana površina). Mjerenjem promjena "zasićene" koncentracije adsorbiranog tenzida na granici faza otopina/zrak analogno se može zaključiti na koncentracijske promjene na ostalim graničnim plohama. Pomoću prilagođene Gibbsove jednadbe (1) su iz mjerenja promjena nagiba adsorpcijskih izotermi izračunate koncentracije HDBS na granici faza o/z u čistom sistemu kao i uz dodatak elektrolita (tablica 1).

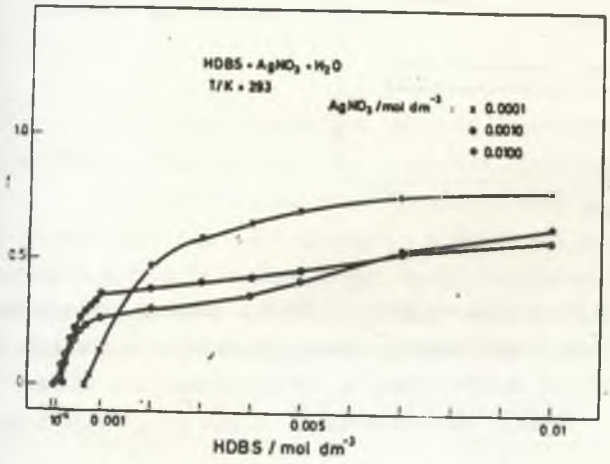
Tablica 1

Zavisnost koncentracije HDBS na granici faza o/z o dodanom elektrolitu

Na_2SO_4/ mol dm^{-3}	Γ /mol $cm^{-2}x10^{10}$	$AgNO_3$/ mol dm^{-3}	Γ/ mol $cm^{-2}x10^{10}$
0.0005	3.59	0.0001	2.54
0.005	3.89	0.001	2.85
0.05	3.76	0.01	3.80

Dobiveni rezultati su pokazali da porastom koncentracije dodanog elektrolita raste koncentracija HDBS na granici faza o/z uslijed pozitivnog elektrostatskog djelovanja. Analiza izotermi površinske napetosti je pokazala uobičajene pomake svih asocijacijskih ranoteža prema nižim koncentracijama tenzida s porastom koncentracije dodanog elektrolita.

Na slici 1 su pokazane promjene frakcija vezanih protuiona , $f = c_t - c_s$ (c označuje koncentraciju, a indeksi t totalnu i s slobodnu koncentraciju dodanih protuiona) u zavisnosti o koncentraciji HDBS i dodanog elektrolita. Početak vezanja protuiona se poklapa s nastajanjem micela (c.m.c. su određene mjerenjem napetosti površine). Linearni porast f između dviju kritičnih micelarnih koncentracija, 1-c.m.c. i 2-c.m.c. rezultat je povećanja koncentracije micela s porastom koncentracije HDBS (2). Smanjenje kapaciteta vezanih protuiona na HDBS iza 2-c.m.c. posljedica je smanjenja površine za vezanje protuiona odnosno strukturnih promjena u miceli (micele rastu), koje su izazvale promjenu površinske gustoće naboja (3).

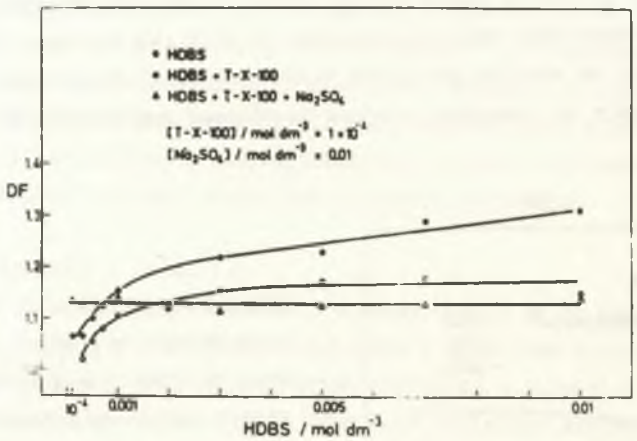


Slika 1. Promjena f u zavisnosti o koncentraciji HDBS. Koncentracije elektrolita su naznačene.

Dodatkom neionske komponente u komercijalne deterdžente postiže se kombinacija svojstava koja poboljšavaju učinak pranja. Micele koje nastaju u otopinama sa smjesom tenzida sadrže obje vrste u određenoj ravnoteži, koja ovisi o tipu i koncentraciji pojedinih tenzida. Na granici faza će se iz istih razloga adsorbirati različite koncentracije jednog i drugog tenzida. Kod nižih koncentracija T-X-100 (do 0.00001 mol dm^{-3}) koncentracija HDBS na granici faza o/z raste od 2.46 (rezultati dobiveni na čistom sistemu) do 3.66 mol $cm^{-2} x 10^{10}$. Daljim porastom koncentracije neionske komponente u sistemu dolazi do desorpcije HDBS s granice faza i dominacije T-X-100 u graničnim slojevima.

Mjerenja su pokazala da kapacitet vezanja srebrnih iona raste s dodatkom neionske komponente. Promjene frakcija vezanih srebrnih iona na miješane micele pokazuju isti tok krivulja kao i na micelama HDBS.

Na slici 2 se nalaze rezultati dekontaminacijskih mjerenja. U svim slučajevima dekontaminacija počinje stvaranjem zasićenog adsorbiranog sloja na granici faza odnosno pojavom micela. Dodatak neionske komponente pospješuje dekontaminacijsko djelovanje. Otopine za dekontaminaciju s natrijevim sulfatom pokazuju gotovo konstantan DF za cijelo mjereno područje indicirajući pojavu micela već kod nižih koncentracija HDBS.



Slika 2. Promjene DF u ovisnosti o koncentraciji HDBS. Analizirani sistemi su naznačeni.

Usporedba odnosa između adsorpcije tenzida na granici faza i vezanja kontaminanta na asocijacijske strukture tenzida i dekontaminacijskog djelovanja je pokazala da je kapacitet vezanja kontaminanta na micele bitan za dekontaminacijski učinak. Dodaci koji povećavaju kapacitet vezanja kontaminanta na micele pospješuju i dekontaminacijsko djelovanje.

Abstract

The relation of surfactant adsorption at interfaces, micellation and counter-ion binding to decontamination abilities have been studied in several decontamination subsystems. The results show that the improvement of decontamination with the addition of electrolytes or nonionic surfactant is the consequence of a change in surfactant adsorption at interfaces and of an increase in counter ion binding.

Literatura

1. M.J. Rosen, Surfactant and Interfacial Phenomenon, John Wiley&Sons, 55 (1978).
2. N.Filipović-Vinceković, Tenside Detergents 22 (1985) 16.
3. G.Lindblom, B.Lindman, L.Mandel, J.Colloid Interface Sci. 42 (1973) 918.

XIII. JUGOSLOVENSKI SIMPOSIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
PULA, 10-13 jun. 1985.

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

VETERINARSKI FAKULTET ZAVOD ZA RADIOLOGIJU SARAJEVO

DEKONTAMINACIJA STRUKTURNO KONTAMINIRANOG MESA (Cs-134 i Sr-85) KOZA OZRAČENIH POLULETALNOM DOZOM

R E Z I M E

U radu su grafički prikazani rezultati efekta dekontaminacije, strukturno kontaminiranog mesa (Cs-134 i Sr-85), koji se kretao od 82-97%, a zavisio je prvenstveno od dekontaminacionog sredstva (voda, salamura) kao i od samog postupka i njegovog vremenskog trajanja.

U V O D

Meso prestavlja jednu od dominantnih namirnica u animalnoj proizvodnji, čija se potrošnja u ishrani ljudi neprekidno povećava.

Radiološka dekontaminacija mesa je složen i odgovoran postupak, a posebno u slučaju kada se radi o strukturnoj kontaminaciji izazvanoj resorpcijom dugoživećih radionuklida. Smanjivanjem radioaktivnosti u strukturno kontaminiranom mesu se štiti ne samo lanac ishrane ljudi, već i animalna proizvodnja putem prerade mesa u stočnu hranu (industrijski animalni proizvodi).

Poseban interes zaslužuju postupci koji će se lako moći izvesti i u domaćinstvu, i koji će brzo i efikasno smanjiti sadržaj radiokontaminata, a da se pri tome neće smanjiti konzumna vrijednost dekontaminirane namirnice.

Materijal i metode rada

Uzorci su uzeti od 20 žrtvovanih koza ozračenih poluletalnom dozom i interno kontaminiranih sa 3,7 MGq Cs-134 i 7,4 MBq Sr-85 po životinji.

Količina po uzorku je iznosila 250 gr. od najboljih partija muskulature (m. longiss. dorsi, m. gastrocnemius, m. triceps, m. gracilis, m. quadriceps).

Dekontaminaciona sredstva su: obična voda, slana voda (3,5 gr NaCl na 1 lit. vode), morska voda, i salamura (900 gr. NaCl, 11 gr. $NaNO_3$ 4 gr, $NaNO_2$ 25 gr šećera, rastvoreno u 4600 ml vode).

Plastične posude 8 kom za potapanje mesa.

Od instrumentacije je upotrebljen automatski gama sintilacioni spektrometar tipa "Pacard".

I. Postupak potapanja mesa bez izmjene dekontaminacionih sredstava u toku 72 sata

Zrelo meso u težini od 250 gr. stavljeno je u plastične posude i preliveno sa 2000 ml ispitivane "dekontaminacione" tečnosti. Odnos meso--tečna faza je iznosio 1 : 8. Posude su ostavljene na temperaturi 4-8°C da stoji 72 sata.

Mjerenja radioaktivnosti mesa su vršena 4 puta: pre potapanja, nakon 24, 48, i 72 sata.

II. Postupak potapanja mesa sa izmjenom dekontaminacionih sredstava nakon 24 i 48 sati

Redosljed radnji u ovom postupku je bio identičan sa predhodnim uz izmjenu tečnosti.

Rezultati i diskusija

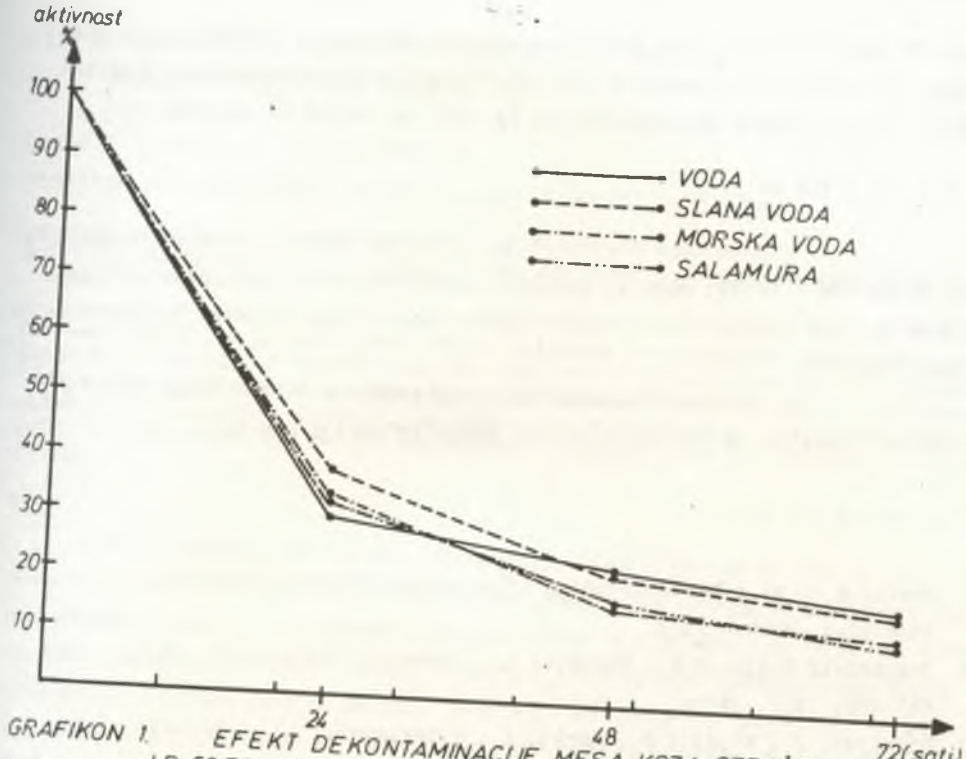
Rezultati dekontaminacije su dobiveni na zrelom mesu žrtvovanih koza. Koze su žrtvovane 8. dana nakon ozračivanja i interne kontaminacije, tj. pre pojave radijacionog sindroma, u njegovoj latentnoj fazi. Meso nije bilo organoleptički izmjenjeno, a samim tim je imalo i svoju konzumnu vrijednost (1,2).

Na grafikonu 1 i 2 su dati efekti dekontaminacije

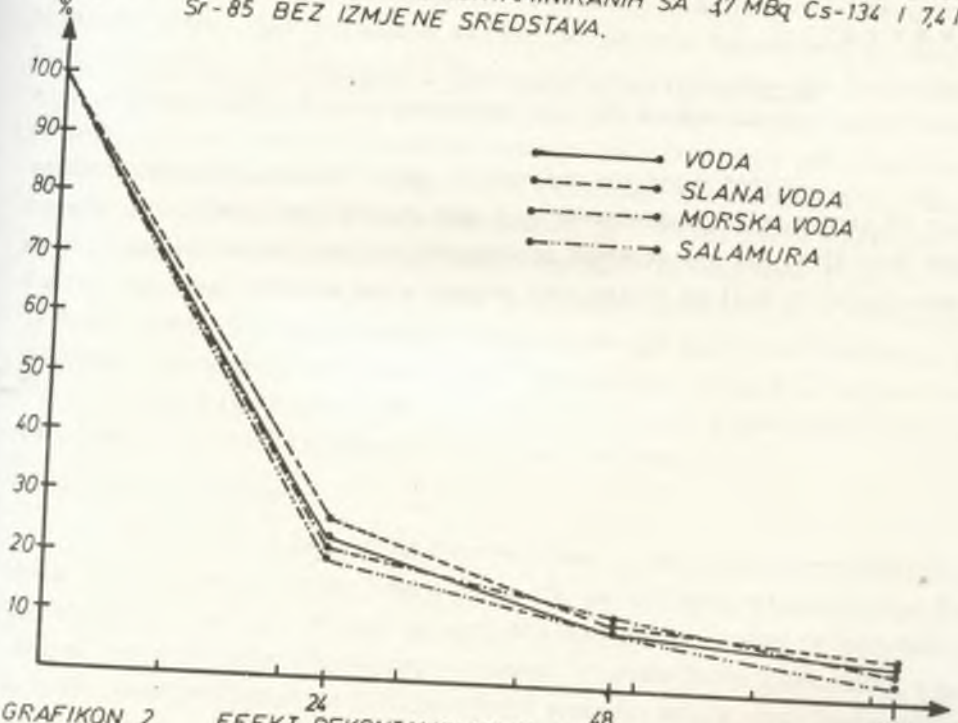
Analizirajući dobivene vrijednosti na graf.1, može se reći da je skinuta aktivnost u prvih 24 sata najveća (63-70%), u narednim satima aktivnost se smanjuje mnogo sporije kod sva četiri dekontaminaciona sredstva, tj. proces dekontaminacije se odvija samo još za 10-18%.

Najveći efekat dekontaminacije postupkom potapanja je postignut u salamuri oko 88%, a najmanji u vodi oko 82%.

Na graf. 2 prikazani su efekti dekontaminacije sa izmjenom dekontaminacionih sredstava. I ovdje su vrijednosti dekontaminacije najveći u



GRAFIKON 1. EFEKT DEKONTAMINACIJE MESA KOZA OZRAČENIH DOZOM LD 50/30 I INTERNO KONTAMINIRANIH SA 3,7 MBq Cs-134 I 7,4 MBq Sr-85 BEZ IZMJENE SREDSTAVA.



GRAFIKON 2. EFEKT DEKONTAMINACIJE MESA KOZA OZRAČENIH DOZOM LD 50/30 I INTERNO KONTAMINIRANIH SA 3,7 MBq Cs-134 I 7,4 MBq Sr-85 UZ IZMJENU SREDSTAVA.

prva 24 sata i to sa većim procentom skinute aktivnosti (76-80%). I u postupku II. salamura se pokazala kao najefikasnije dekontaminaciono sredstvo (97%) (3), a efekat dekontaminacije je veći za 10-14% od prethodnog.

Z a k l j u č a k:

- Meso koza ozračenih poluletalnom dozom i interno kontaminiranih sa Cs-134 i Sr-85, mogu se uspješno dekontaminirati postupkom potapanja u vodu i slane rastvore bez izmjene tečne faze u toku 72 sata, dekontaminacija iznosi oko 88%.

- Izmjenom dekontaminacionog sredstva (tečne faze) nakon 24 i 48 sati postiže se još bolji efekat dekontaminacije oko 97%.

L i t e r a t u r a:

1. Anekov B.et al.: Radiobiologija seljakohozajstvenih životinih. Atomizdat, Moskva 1973.
2. Draganović B.Djurić G., Petrović B., Panin J.: Zbornik IX. Simpoz. JDZZ 461-464, 1977. Jajce.
3. Milošević Z., Kljajić R., Horšić E.: Veterinaria, 32,3, 369-373, 1983.

S u m m a r y

DECONTAMINATION OF STRUCTURALLY CONTAMINATED GOAT MEAT (Cs-137 AND Sr-85) AND IRRADIATED BY SEMI-LETHAL DOSES

In this paper are graphically shown results of decontamination effect of structurally contaminated goat meat (Cs-137 and Sr-85). The effect ranged from 82 to 97% and depended predomintly on decontamination means (water-pickle) as well as on the very procedure and duration.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.g.

Lazić S., Vuković Ž. i Bačić S.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

SORPCIJA RADIOAKTIVNOG STRONCIJUMA AMORFNIM KALCIJUM FOSFATOM

Rezime. Uklanjanje radioaktivnih primesa iz vodenih rastvora povlačenjem sa amorfnim kolektorom analizirano je na primeru sorpcije ^{85}Sr kalcijum fosfatom. Sorpcija je ispitivana pod uslovima brzog mešanja, u širokom opsegu polaznih koncentracija, pri pH=10.80 i T=293 K. Veći koeficijenti raspodele dobijeni su pri nižim presićenjima.

Uvod

Medju različitim novim postupcima izdvajanja radionuklida iz vodenih rastvora, taložne metode zadržale su svoju aktuelnost zbog mogućnosti brzog i efikasnog koncentrisanja elementa koji se izdvaja.(1) Zato se pridaje veliki značaj izučavanju parametara koji odredjuju efikasnost procesa, kao što su:polazno presićenje reagenata, hemijski sastav rastvora, intenzitet mešanja, vreme reakcije itd. Kalcijum fosfat ima veliki praktični značaj u tretmanu radioaktivnih voda, jer pokazuje veliki sorpcioni kapacitet za veliki broj fisionih produkata.(2) Dosta radova posvećeno je izučavanju ovog sistema, ali mehanizam njegovog taloženja ni do danas nije potpuno jasan. Ovo se naročito odnosi na taloženje pri visokim pH vrednostima, koje se sa stanovišta uklanjanja radionuklida pokazuju najoptimalnijim.(3) Osnovna složenost pri formiranju kalcijum fosfata proističe iz promenljivosti njegove strukturne formule i prisustva amorfne i kristalne faze u procesu taloženja. U ovom radu je kroz analizu elementarnih faza taloženja kalcijum fosfata, razmatrana raspodela radionuklida ^{85}Sr izmedju čvrste i tečne faze. ^{85}Sr je pogodan traser, jer je više od drugih elemenata osetljiv na promenu uslova taloženja kalcijum fosfata.

Materijal i metode

Reakcije formiranja čvrste faze u uslovima prečišćavanja voda idu najčešće veoma brzo, tako da se njihove elementarne faze teško mogu pratiti. Stoga je pri analizi ovih reakcija pogodno primeniti metode koje usporavaju proces. U ovom radu koristili smo metodu zaustavljanja reakcije, koja poredstavlja varijantu strujnih metoda(4). Sinteza kalcijum fosfata vršena je u uslovima

brzog mešanja pri polaznom PH=10.80 i T=293 K.Koncentracije polaznih reagenata bile su u opsegu: $CaCl_2$ ($4x10^{-3}$ do $4x10^{-1}$) mol/l i KH_2PO_4 ($2.4x10^{-3}$ do $2.4.x10^{-1}$) mol/l. Odnos reagenata odgovarao je stehiometriji hidroksil apatita (HAP) ili je fosfat uvodjen u malom višku. $^{85}SrCl_2$ (1 ml $1,18x10^{-2}$ mol/l) dodavan je rastvoru $CaCl_2$ ili je uvodjen nakon sinteze. U toku eksperimenta hemijskim i radiohemijsim metodama je praćena promena koncentracija Ca^{2+}, PO_4^{3-}, ^{85}Sr i pH u tečnoj fazi. Analiza čvrste faze vršena je transmisionim elektronskim mikroskopom i rendgenom.

Rezultati i diskusija

Kinetika promene koncentracija jona Ca^{2+} i PO_4^{3-} u rastvoru prikazana je na slikama 1. i 2. Formirana čvrsta faza predstavlja amorfni kalcijum fosfat (ACP) koji je u ravnoteži sa rastvorom, na što ukazuje ravni deo krivih na slici 1. Oštar prelom na krivama, koji se registruje nakon reporduktivnog vremenskog perioda indicira transformaciju amorfnog u kristalni fosfat. Karakteristični parametri odredjeni sa grafika, indukcioni period fazne transformacije (τ) i odnos kalcijuma i fosfata (Ca/P), dati su u tablei. Rendgenska analiza taloga potvrdjuje da je sveže obrazovani talog amorfan, dok su za taloge starosti a veće od 7 h dobijeni pikovi karakteristični za HAP. Snimci taloga dobijeni na transmisionim elektronskom mikroskopu pokazuju da se sveže obrazovani talog sastoji iz amorfnih globula veličine (10-20)nm, koje se vezuju u lančaste agregate i sekundarnih agregata veličine oko 100 nm. Pri taloženju u 32% višku fosfata agregati dostižu veličinu oko 3 μm. Na kristalima starosti veće od 7 h vide se oformljeni kristali HAP, koji se slepljuju po bočnim i uzdužnim stranama.

Na slici 3. prikazana je promena koncentracije ^{85}Sr u rastvoru pri taloženju kalcijum fosfata pod različitim polaznim presićenjima. Karakter promene ukazuje na to da primesa učestvuje u svim stupnjevima formiranja čvrste faze. U fazi rasta amorfnih globula, primesa se adsorbuje na površini granice faza i zatim prelazi u zapreminu taloga. Stanje dinamičke ravnoteže izmedju čvrste faze i rastvora postiže se posle relativno kratkog vremena (1h) i održava do početka kristalizacije. Pri kristalizaciji globula, dolazi do preraspodele primese izmedju kristala i amorfne mase globula. Kristalizacija HAP praćena je difuzijom jona Ca^{2+} iz rastvora u talog da bi se zadovoljila stehiometrija hidroksil apatita, što dovodi do potiskivanja ^{85}Sr u amorfni deo taloga, a odatle u rastvor do uspostavljanja nove ravnoteže.

Do približno istog ravnotežnog odnosa dolazi se i korišćenjem drugog načina dostizanja ravnoteže - uvodjenjem ^{85}Sr u suspenziju stabilnog HAP (eksp.br.6, Sl.3).

Koeficijenti raspodele ^{85}Sr izmedju amorfnog kalcijum fosfata i rastvora izračunati su prema Hlopinovoj formuli(2). Rezultati su dati u tabeli.

Tabela

Ukupna koncentracija u sistemu (mol/l)		odnos Ca/P u čvrstoj fazi		Indukcioni period(min)	koeficijent raspodele u amorf.fazi
Ca^{2+}	PO^{3-}	amorf.	krist.		
$5.71x10^{-3}$	$3.43x10^{-3}$	1.51-0.01	1.60-0.05	400	$0,35\pm0.02$
$5.71x10^{-3}$	$3.43x10^{-3}$	1.42 ± 0.05	1.68 ± 0.20	428	1.08 ± 0.08
$1.14x10^{-3}$	$6.86x10^{-4}$	1.38 ± 0.18	1.66 ± 0.15	402	1.20 ± 0.75
$5.71x10^{-4}$	$3.43x10^{-4}$	1.03 ± 0.04	1.64 ± 0.14	444	1.81 ± 0.26

Veći koeficijenti raspodele postižu se pri nižim presićenjima, odnosno manjoj brzini kristalizacije. Tome doprinosi i negativno naelektrisanje taloga, koje je veće kod nižih presićenja (manji odnos Ca/P). Pri sintezi taloga u višku fosfatnih jona (eks.br.5.Sl.3) najveći deo ^{85}Sr vezan je u sekundarnom adsorpcionom sloju, pa se kod fazne transformacije ne registruje promena koncentracije ^{85}Sr u rastvoru.

Zaključak

Dobijeni rezultati pokazuju da uslovi sinteze jako utiču na soprcione karakteristike kalcijum fosfata. Činjenica da se uz brzo mešanje reagenata, upravo pri niskim polaznim presićenjima ostvaruju veći koeficijenti raspodele, može doprineti ekonomičnosti vodjenja procesa u tehnološkoj praksi.

Abstract

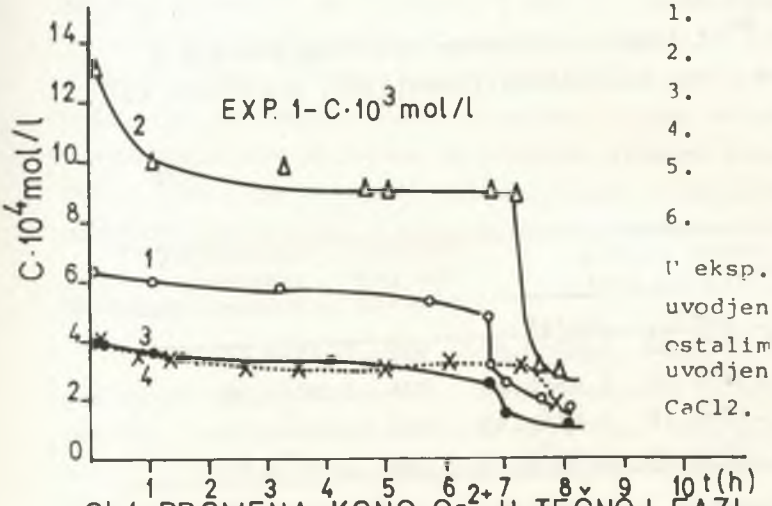
Removal of radioactive impurities from water solutions by the method of sorption on the amorphous collector was analysed for the system ^{85}Sr - calcium phosphate. Sorption was investigated at rapid mixing conditions, in the wide range of initial supersaturations, at pH=10.80 and T=293 K. Larger distribution coefficients were obtained at lower supersaturations.

Literatura

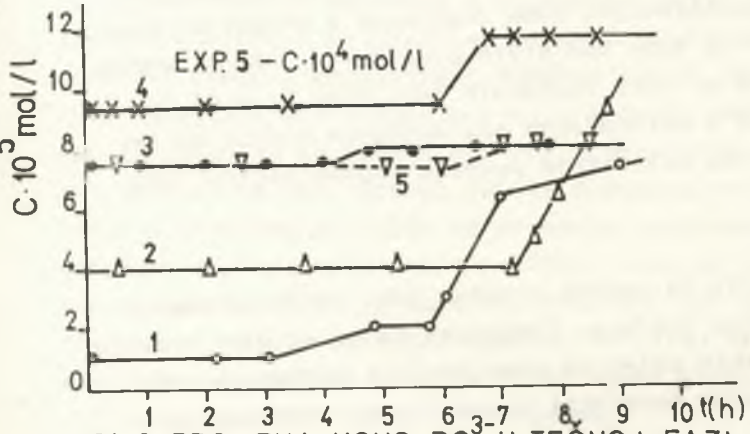
1. Bikhovski,RD. Radiokhimia 15 (1984) 679.
2. Kuznecov, Yu., Šćebetkovskii V., Trusov, A.:Osnovi očistki vodi ot radioaktivnih zagraznenii, Moskva, 1974,str.137.
3. Meyer, J., Weatherall, C.:J.Colloid Interface Sci. 89 1, (1982) 257.
4. Koldin, E.: Bistrie reakcii v rastvore, Moskva, 1966 str.39

Broj eksper.	Ukupna koncentracija u sistemu (mol/l) Ca^{2+}	PO_4^{3-}
1.	5.71×10^{-2}	3.43×10^{-2}
2.	5.71×10^{-3}	3.43×10^{-3}
3.	1.14×10^{-3}	6.86×10^{-4}
4.	5.71×10^{-4}	3.43×10^{-4}
5.	1.14×10^{-3}	1.51×10^{-3}
6.	1.14×10^{-3}	6.86×10^{-4}

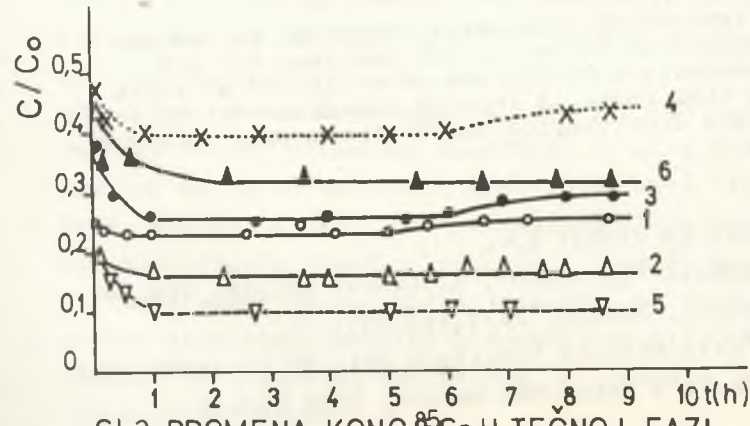
U eksp.br.6. starost taloga do uvodjenja ^{85}Sr bila je 20 h, u ostalim eksperimentima ^{85}Sr je uvodjen u sistem sa rastvorom CaCl2.



Sl.1 PROMENA KONC. Ca^{2+} U TEČNOJ FAZI



Sl. 2 PROMENA KONC. PO_4^{3-} U TEČNOJ FAZI



Sl.3 PROMENA KONC. ^{85}Sr U TEČNOJ FAZI

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.g.

Bačić S., Lazić S. i Vuković Ž.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča

KARAKTERIZACIJA POLIDISPERZNIH SORBENATA ZA RADIONUKLIDE

Rezime: Ispitivan je sastav amorfnih kalcijum-fosfata dobijenih pri različitim uslovima sinteze (pH). Na osnovu hemijskog sastava rastvora je utvrdjeno da se sadržaj H^+ i OH^- jona u čvrstoj fazi može opisati jednačinom Langmirovog tipa. No osnovu ove zavisnosti, moguće je, znajući pH rastvora, kvantitativno definisati sastav čvrste faze.

Uvod

Neorganski sintetički sorbenti koji se koriste za sorbciju radionuklida treba da usvajaju radionuklide brzo, potpuno i selektivno i pri tome treba voditi računa da ne dodje do radijacionog, hemijskog ili mehaničkog oštećenja sorbenta. Sorbenti, koji imaju sva neophodna svojstva teško se mogu dobiti bez predhodnog ispitivanja mehanizma obrazovanja faze sorbenta i promena njenih osobina pri modifikaciji. Rezultati izučavanja mehanizma formiranja faze daju mogućnost predlaganja načina sinteze odredjene vrste sorbenta tj. sinteze čvrste faze sa višestepenom unutrašnjom strukturnom organizacijom. (1),Sa ovog aspekta ispitivano je formiranje čvrste faze kalcijum-fosfata.

Podaci u literaturi pokazuju(2,3) da sastav i struktura kalcijum-fosfata suštinski zavisi od uslova njegovog taloženja. Zato je prvi korak u ispitivanju kristalizacije amorfnog kalcijum-fosfata uspostavljanje veze izmedju sastava taloga i početnih uslova sinteze (prvenstveno pH polaznih rastvora). Dalju karakterizaciju čvrste faze neophodno je izvršiti metodama elektronske mirkoskopije i difraktometrije.

Materijali i metode

Za sintezu kalcijum-fosfata korišćena je metoda brzog mešanja reagenata (4). Pošto je menjano početno pH, korišćene su dve vrste osnovnih rastvora:a) 2,125 M rastvor $Ca(NO_3)_2$ i 2,443 M HNO_3 i b) 1,43 M rastvor H_3PO_4 i 2,076 M KOH. U svim serijama sinteze taloga, masa uvedenog kalcijuma i fosfora bila je takva da odgovara stehiometrijskom sastavu hidroksil-aparata (HAP). Masa HNO_3 i KOH je podešavana tako da se rezultat sinteze dobija sredina sa $7,6 < pH < 12,7$. Posle mešanja polaznih rastvora u mešaču, suspenzija je dolazila u prijemnik u kome se nalazio rastvor KNO_3. Ovaj elektrolit je upotrebljen da bi se očuvali isti uslovi u mešaču i u prijemniku.

Pošto su količine svih komponenata u svakoj sintezi bile unapred zadate, onda je analizom matičnog rastvora na sadržaj Ca i merenjem pH bilo moguće, na osnovu balansa, izračunati sastav svake sintetizovane čvrste faze.

Uzorci sveže obrazovanog taloga analizirani su na transmisionom elektronskom mikroskopu JEM-100B. Rendgenofazna analiza vršena je na difraktometru DRON-2 (Co Kα).

Rezultati i diskusija

Sveže obrazovani talozi mogu da sadrže sve komponenete rastvora, tako da ako podjemo od uslova elektroneutralnosti čvrste faze i zanemarino sorbciju neutralnih molekula vode i KNO_3, ukupan sastav taloga možemo izraziti formulom:

$$Ca_x^{2+}(PO_4^{3-})H_y^{+}(OH^{-})_z K_m^{+}(NO_3^{-})_n \qquad /1/$$

Pored toga predpostavljeno je da je y=0 pri z≠0 i z=0 pri y≠0. U tabeli 1 prikazani su eksperimentalni podaci o sastavu sveže obrazovanih kalcijum-fosfata pri raznim vrednostima pH sinteze.

Iz Tabele 1 se vidi da nitratnih jonova u talogu praktično nema a sadržaj kalcijuma u talogu je blizak vrednosti x=1,5 koja je karakterisitična za trikalcijum-fosfat (TCP, $Ca_3(PO_4)_2$). Deo taloga, sintetizovanih pri pH > 10,8 ima višak Ca a pri pH < 10,8 deficit. Uzimajući u obzir i rezultate objavljene u radu (2) može se zaključiti da je osnovna komponenta svih fosfata amorfni TCP. Najtačnije se ovaj sastav realizuje pri pH=10,8. Pri drugim pH do promene sastava čvrste faze dolazi usled sorbcije ili koprecipitacije komponenata rastvora amorfnim TCP. Pri pH <10,8 talog zahvata jone H^+ i K^+ koji delimično zamenjuju jone Ca^{2+}; pri pH > 10,8 dolazi do zahvata OH^- jona zajedno sa jonima Ca^{2+} i K^+.

Analiza zavisnosti zahvata jona H^+ od njihove aktivnosti a_{H^+} u rastvoru, pri pH < 10,8 pokazala je da sadržaj jona H^+ u čvrstoj fazi može biti opisan jednačinom Langmira:

$$y = \frac{0,58 \cdot 4,12 \cdot 10^7 \, a_{H^+}}{1 + 4,12 \cdot 10^7 \, a_{H^+}} \qquad /2/$$

gde veličina o,58 odgovara graničnoj sorbciji a konstanta sorbcije jednaka je $4,12 \cdot 10^7$. Sadržaj jona K^+ u talogu zavisi samo do vrednosti y, pošto je m/y=0,724=const. Ova korelacija, kao i to što je suma graničnih vrednosti sorbcije jona H^+ i K^+ jednaka jedinici ukazuje na to da pri sorbciji jona H^+ u čvrstu fazu istovremeno ulaze i joni K^+ sa koeficijentom raspodele 0,724. Joni H^+ i K^+ zamenjuju

ekvivalentnu količinu jona Ca^{2+} i delimično mogu prevesti TCP u dikalicjum-fosfat (DCP), u kome je 42% jona H^+ zamenjeno jonima K^+. Drugim rečima, pri smanjenju pH, sastav taloga teži ka formuli $CaH_{0,58}K_{0,42}PO_4$. Na taj način, pri pH < 10,8 sastav kalcijum-fosfata odredjuje se samo aktivnošću protona a_{H^+} u rastvoru (tj.veličinom pH) i koeficijentom raspodele jona H^+ i K^+ u čvrstoj fazi.

Tabela 1

Eksperimentalno odredjen sastav čvrste faze kalcijum-fosfata pri različitim pH vrednostima sinteze i izračunate vrednosti po; jednačini /2/

pH	sastav čvrste faze $Ca_x(PO_4)_y H_z(OH)_z K_m(NO_3)_n$							
	x		y		z		m	
	eksp.	izr.	eksp.	izr.	eksp.	izr.	eksp.	izr.
7,63	1,255	1.255	0,285	0,285	--	-	0,205	0,206
7,95	1,355	1,342	0,183	0,183	-	-	0,107	0,133
8,40	1,423	1,430	0,082	0,082	-	-	0,072	0,059
9,65	1,469	1,496	-	0,005	0,017	-	0,079	0,004
10,55	1,480	1,499	-	-	-	-	0,039	-
10,80	1,497	1,501	0,017	-	-	-	-	-
11,10	1,509	1,502	-	-	0,038	0,009	0,020	0,005
11,47	1,513	1,512	-	-	0,103	0,052	0,076	0,028
11,96	1,551	1,572	-	-	0,202	0,310	0,100	0,166
12,65	1,658	1,658	-	-	0,679	0,679	0,363	0,363

Analogna analiza uradjena je za taloge dobijene sintezom pri pH > 10,8. Zahvat OH^- jona takodje može biti opisan jedančinom Langmirovog tipa, po kojoj zavisi samo od aktivnosti OH^- jona u rastvoru. Takodje je nadjeno da sadržaj viška kalcijuma zahvaćenog talogom zavisi od kvadrata aktivnosti jona OH^- u rastvoru. U Tabeli 1 su prikazani rezultati izračunavanja i eksperimentalno odredjene vrednosti i vidi se da je poklapanje zadovoljavajuće.

Rezultati rendgenofazne analize u potpunosti potvrdjuju zaključke hemijske analize o sastavu taloga.

Ovde nećemo detaljno iznositi rezultate morfološke analize taloga elektronskim mikroskopom. Utvrdjeno je da ukoliko je sastav fosfata bliži ka stehiometrijskom TCP utoliko čestice čvrste faze imaju pravilniji sferni oblik. Pošto je za talog stehiometrijskog sastava karakteristična minimalna sorbcija jona H^+ i OH^- onda je

jasno da njegove čestice imaju nulti zeta potencijal, što i dovodi do formiranja pravilnih po obliku i homogenih po veličini sfernih agregata mikročestica.

Abstact

Chemical composition of amorphous calcium phosphate, precipitated under different conditons (pH) was investigated. On the basis of chemical composition, it was found that content of H^+ and OH^- ions in the solid phase can be described by equation of Langmuir's type. On the basis of this relationship it is possible to determine composition of solid phese for any pH of solution.

Literatura

1. Melihov,I.V., Komarov, V.F. i Kelebeev,A.S. : Radiokhimiya,(1984) /1984/ 585.
2. Meyer,J.,Weatherall,C.:J.Colloid Interface Sci.,89 (1982) 257
3. Melihov,I.V.,Komarov,V.F. i Kibalčic,V.:Dokl.Acad.Nauk USSR, 256 (1981) 1406.
4. Liteanu,C., Lingner,H.: Talanta, 19 (1972) 945.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13 juni 1985

Draganović B., Košutić G.
Katedra za radiologiju i rad.higijenu
Veterinarski fakultet, Beograd

MOGUĆNOST SMANJENJA UKUPNE BETA AKTIVNOSTI U PILEĆEM MESU PRIMENOM DUBOKOG ZAMRZAVANJA I TERMIČKE OBRADE

Karatak sadržaj Istražujući tehnološke metode prerade animalnih produkata koji omogućavaju radiodekontaminaciju a ujedno ne degradiraju hranjivu vrednost namirnica, ispitivano je duboko zamrzavanje mesa brojlera i njegov termički tretman (kuvanje pod pritiskom, dinstanje i pečenje). Rezultati ovih ispitivanja pokazuju da sam proces odmrzavanja ima izvestan dekontaminacioni efekt (13-25% SA) koji se naročito pojačava kuvanjem pod pritiskom (37-46% SA), pri čemu su nutritivni kvaliteti tretiranog mesa dobro očuvani.

Uvod

Izučavajući tehnološke postupke prerade animalnih produkata koji sadrže ujedno i dekontaminacioni karakter, pokušava se iznalaženje efikasnih postupaka radijacione zaštite lanca ishrane ljudi čiji bi rezultat bio kvalitetna higijenski ispravna namirnica animalnog porekla. U okviru tih zadataka ispitivani su paralelno dva termička režima, koji se primenjuju u tehnologiji mesa, kako bi se smanjio sadržaj radioaktivnih materija uz što manji gubitak nutritivne vrednosti.

Materijal i metod

Meso brojlera je zamrznuto na $-18^{\circ}C$, zatim posle 7 dana odmrzavano na dva načina: brzo - u trajanju 12 h i sporo - za 48 h. Tako defrostirano podvrgnuto je sledećim termičkim tretmanima: dvostrukom kuvanju 2 x 900 s na temperaturi od $120^{\circ}C$ pod pritiskom od $2{,}02\ 10^5\ N/m^2$ i dvostruku promenu tečne faze (hladne vode); dinstanje (pečenje u sopstvenom soku do pojave kore i jednostruko kuvanje) i pečenje na $200^{\circ}C$.

Po završenoj termičkoj obradi meso je bilo mineralizovano i iz pepela odredjivana ukupna beta aktivnosti (UbA), aktivnost ^{40}K i ostala beta aktivnost (ObA). Iz ovih parametara izračunavani su efekti dekontaminacije: procent skinute aktivnosti (% SA) i faktor dekontaminacije (FD).

Rezultati i diskusija

Rezultati radiometrijskih analiza, koji su dati tabelarno, pokazuju da brojlersko meso sadrži: UbA = 97,9 ± 4,5 Bq/kg u kome je doprinos ^{40}K = 89,6 ± 7,6 % i ObA = 12,3 Bq/kg svežeg uzorka. Sam proces odmrzavanja ima izvestan dekontaminacioni efekt, jer je procent skinute aktivnosti kod brzog 25,3% a sporog 13,3%, što je logično obzirom na brzinu defrostacije i količinu isteklog mesnog soka. Ono što je interesantno to su niske vrednosti UbA kod dvostruko kuvanih uzoraka mesa, pri brzoj defrostaciji je niža i iznosi 52,8 ± 2,8 Bq/kg. Termički procesi,kao što su dinstanje i pečenje, pokazuju da se uvećavaju vrednosti UbA tako da premašaju kontrole bez obzira na način defrostacije. To se objašnjava delovanjem visokih temperatura na isparavanje vode i mesnog soka pri čemu se umanjuje težina (kalo) za 38-40%. Kako je proces gubitka mesnog soka intenzivniji pri brzoj defrostaciji to su vrednosti ukupne beta aktivnosti manje od onih koje se dobiju pri sporom odmrzavanju.

Ako se posmatra proces dekontaminacije zamrzavanjem i naknadnim termičkim tretmanom posle odmrzavanja mogu se uočiti dva faze: prva se odigrava u toku procesa defrostacije a druga u toku kuvanja pilećeg mesa. Dekontaminacioni efekt same defrostacije vezan je za brzinu topljenja kristalića leda, koji se šire, seku mišićna vlakna, tope i rastvaraju organske i neorganske materije mesa formirajući tzv "mesni sok". Njegova količina i isticanje iz mesa su veći ako je vreme odmrzavanja kraće, jer tada meso nema dovoljno vremena da ga zadrži, kao što je to slučaj tokom sporog načina odmrzavanja. Dvostruko kuvanje pod pritiskom povećava efekt dekontaminacije, pri čemu je on veći kod brzo odmrznutih komada pilećeg mesa % SA = 46,10 dok je kod sporo odmrznutih 24,5%. Ovo je veoma važno sa gledišta povećanja dekontaminacionog efekta kuvanja, jer smo u našim ranijim radovima našli da samo kuvanje pod pritiskom

Vrednosti parametara dekontaminacije duboko zamrznutog (-18°C), brzo (12 h) i sporo (48 h) odmrznutog i termički tretiranog pilećeg mesa

Uzorak	U b A Bq / kg	SA %	FD	O b A Bq / kg	SA %	FD
Kontrola	97,9 ± 5,4	0	1	12,3 ± 1,5	0	1
	O d m r z a v a nj e 12 h					
Kontrola	73,2 ± 2,8	25,8 ± 6,1	1,3 ± 0,3	9,8 ± 1,2	20,4 ± 4	1,25 ± 0,3
Kuvanje	52,8 ± 7,3	46,1 ± 9,2	1,8 ± 0,3	5,3 ± 1	57 ± 10	1,3 ± 0,2
Dinstanje	179 ± 23					
Pečenje	215 ± 39					
	O d m r z a v a nj e 48 h					
Kontrola	90,9 ± 12,1	13,3 ± 2,6	1,07 ± 0,2	8,5 ± 1,5	30,9 ± 6,5	1,4 ± 0,2
Kuvanje	78,3 ± 13,1	24,5 ± 5	1,25 ± 2,4	7,0 ± 1	40 ± 8	1,6 ± 0,3
Dinstanje	155 ± 31,1					
Pečenje	220 ± 45					

pilećeg mesa odstranjuje 57% početne aktivnosti. Prema ovim rezultatima dinstanje i pečenje ne predstavljaju dekontaminacione postupke, već uvećavaju radijacioni rizik po konzumente, jer povećavaju sadržaj ukupne beta aktivnosti usled gubitka tečne faze iz mesa. Ono što treba da se naglasi u ovim rezultatima je opadanje ostale beta aktivnosti koja je mnogo intenzivnije od opadanja ^{40}K, jer pretpostavljamo da će istim tempom opadati sadržaji cezijuma i stroncijuma. Analizom hranjive i kalorične vrednosti kod brzo defrostiranog i kuvanog pilećeg mesa pod pritiskom utvrdjeno je da nema značajnih razlika od kontrolnih uzoraka u sadržaju belančevina, masti i kalorične vrednosti.

Na osnovu izvršenih istraživanja i dobijenih rezultata može se zaključiti da je duboko zamrzavanje pilećeg mesa, brzo odmrzavanje i dvostruko kuvanje pod pritiskom sa promenom tečne faze efikasan dekontaminacioni postupak i praktičan za širu primenu u radijacionoj zaštiti lanca ishrane ljudi.

Abstract

The results of the deep freezing and thermal treatment (cooking under pressure, roasting) of the poultry meat are presented. The aim of the investigation was to find new methods in the technology of animal products enabling radiodecontamination without loosing the nutritient quality of food. The results show that defreezing process itself to have a certain decontaminating effect (13-26%). The effect is increased (24-61%) by cooking the meat under pressure twice. The nutrient quality of the meat was well preserved in both cases.

7. sekcija: M J E R N A I N S T R U M E N T A C I J A

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Krmpotić Dj.*, Veličković D., Mirić I.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, OOUR "Zaštita"
*Prirodnomatematički fakultet, Beograd

UREDJAJ ZA KALIBRACIJU I PROVERU ISPRAVNOSTI DOZIMETRIJSKE INSTRUMENTACIJE *

Rezime

U radu su dati zahtevi koji se postavljaju za uredjaje namenjene dobijanju etalonskih polja gama zračenja u primarnim i sekundarnim laboratorijama. Opisan je uredjaj koji koristi kolimisani snop gama zračenja, a kontinuirano pokriva opseg jačina ekspozicionih doza od 7 pC/kg.s do 7 uC/kg.s.

Uvod

Za dobijanje etalonskih polja gama zračenja namenjenih kalibraciji dozimetara i dozimetrijske instrumentacije postavljaju se odredjeni zahtevi kako za same uredjaje tako i za prostoriju u kojoj se vrši kalibracija. Zadovoljavanjem postavljenih zahteva obezbedjuju se pouzdana i reproducibilna merenja poznatim spektrom gama zračenja.

Kalibracija dozimetara se vrši sa izvorom u slobodnom prostoru ili kolimisanim snopom zračenja. Prvi način iziskuje prostoriju većih dimenzija, a istovremeno pozicioniranje većeg broja dozimetara na različitim rastojanjima od izvora je otežano. Zbog toga se ovaj način redje koristi za kalibraciju dozimetrijske instrumentacije namenjene merenju jačine ekspozicije, odnosno jačine apsorbovane doze zračenja. Uredjaji kojima se vrši kalibracija dozimetara kolimisanim snopom zračenja često se sastoje od izvora zračenja, kontejnera za izvore, zračnika sa kolimatorom, radijacione klupe, komandnog pulta i sistema za daljinsko osmatranje.

Zahtevi koji se postavljaju za uredjaj /1/

Izvori zračenja - Izvori zračenja koji se koriste za kalibraciju dozimetrijske instrumentacije poželjno je da emituju monoenergetsko gama zračenja, da imaju visoku specifičnu aktivnost,

---

* Realizovano prema idejnom rešenju i tehničkoj dokumentaciji koje je uradio +Petar Mirić

dug period poluraspada i oblik aktivne zapremine takav da nijedna dimenzija nije veća od 5 mm. Prema ISO standardu 4037 uticaj nečistoća na vrednost ekspozicije je manji od 1%. Primarne laboratorije najčešće koriste ^{60}Co, ^{137}Cs i ^{241}Am. Osnovne karakteristike ovih izvora date su u Tabeli 1. Radioaktivnost korišćenih izvora se obično nalazi u granicama od 0,1 do 400 tBq /2,3/.

Tabela 1. Karakteristike izvora zračenja

Radioaktivni nuklidi	Energija gama zračenja (keV)	Vreme poluraspada(god)	Spec. aktivnost po jedinici mase (Bq/kg).10^{14}
^{60}Co	1173,3 1332,5	5,272	37
^{137}Cs	661,6	30,1	8,51
^{241}Am	59,54	433,	1,11

Kontejner sa izvorima - Kontejner služi za smeštaj i čuvanje radioaktivnih izvora. Treba da omogući bezbednu manipulaciju kada su izvori u njemu i da zračenje od stokiranih izvora utiče manje od 1% na merenu jačinu ekspozicije.

Zračnik sa kolimatorom - Zračnik sa kolimatorom i radioaktivnim izvorom formira polje zračenja. Debljina zidova zračenika je takva da smanjuje intenzitet primarnog zračenja 1000x. Zračnik i kolimator se konstruišu tako da je uticaj rasejanog zračenja na merenu jačinu ekspozicije manji od 5%.

Radijaciona klupa - Služi za pozicioniranje dozimetrijske instrumentacije duž ose snopa. Često se izradjuje u obliku kolica koja se kreću po tračnicama. Pozicioniranje dozimetrijske instrumentacije treba da se vrši sa greškom manjom od $\pm$ 1 mm, ako je rastojanje izvor-detektor veće od 1 m.

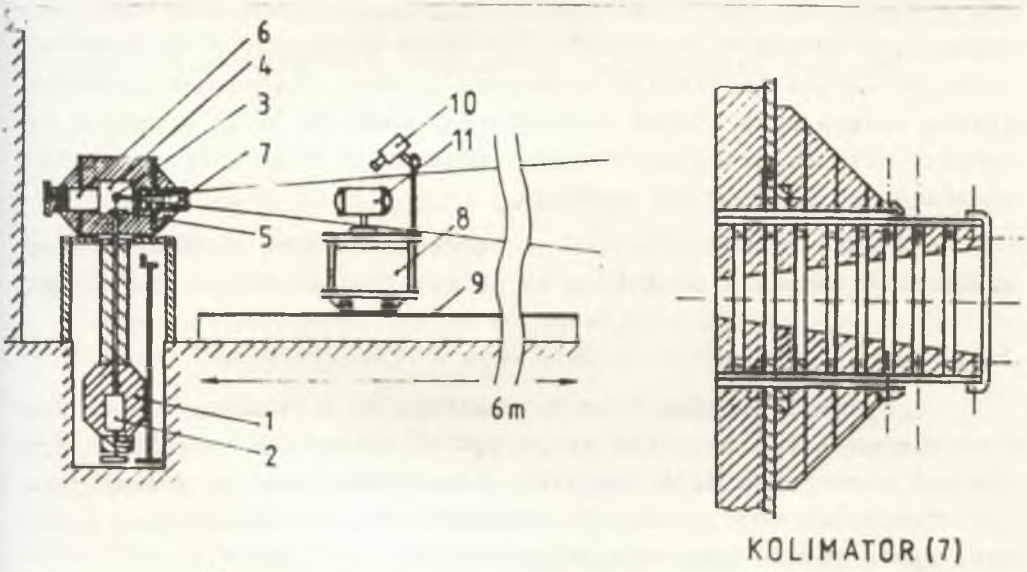
Sem navedenog, uredjaj treba da omogući da neodredjenost trajanja ozračivanja integralnih dozimetara prouzrokuje grešku manju od 0,01%. Uredjaj treba da bude smešten u prostoriju koja ima takve dimenzije da uticaj rasejanog zračenja sa poda, tavanice i zidova ne utiče osetno na vrednost jačine ekspozicije u polju zračenja na radijacionoj klupi.

Drugi zahtevi koji se postavljaju za uredjaj odnose se na mere zaštite, a ne na kvalitet merenja.

Uredjaj za kalibraciju

Rešenje uredjaja za kalibraciju dozimetrijske instrumentacije kolimisanim snopom zračenja koje je realizovano u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, prikazano je na slici 1. Uredjaj sadrži 5 izvora ^{60}Co, čija je radioaktivnost odabrana tako da bude prekriven opseg jačina ekspozicija od 7 $pC.kg^{-1}.s^{-1}$ do 7 $\mu C.kg^{-1}.s^{-1}$ na radijacionoj klupi dužine 6 m.

Kontejner za smeštaj i čuvanje izvora (1) sadrži obrtni revolver (2) sa 8 ležišta. Broj ležišta omogućava da se pored 5 izvora ^{60}Co u jedno ležište postavi nosač izvora opremljen reflektorom radi optičkog centriranja dozimetara u snopu. Ostala dva ležišta omogućuju smeštaj radioaktivnih izvora drugih gama energija.



Slika 1. Uredjaj za kalibraciju

Odabrani izvor (3) se pneumatski dovodi u zračnik (4), gde se u radnom položaju drži pomoću elektromagnetne kopče (5). Pneumatsko dovodjenje izvora u radni položaj traje kraće od 1 s. Izvor se kreće kroz cev zaštićenu olovnim omotačem, pa je neodredjenost vremena uspostavljanja snopa kraća od 0,1 s. Procenjuje se da, za sva merenja koja traju duže od 100 s, neodredjenost trajanja ekspozicije može se zanemariti.

Zračnik je izradjen od Pb legiranog sa 7% Sb, debljine 15 cm; obložen je sa unutrašnje strane Al i Cu pločama radi smanjenja rasejanja. Uticaj rasejanja unazad je smanjen proširenjem (6) komore zračnika po dubini suprotno od smera snopa.

Oblikovanje snopa zračenja se vrši kolimatorom (7), koji je izradjen od segmenata saglasno zahtevu /1/ (prikazan u insertu slike). Kolimator sadrži trapove koji smanjuju doprinos rasejanog zračenja u snopu.

Radijaciona klupa je izradjena u obliku kolica (8) koja se kreću po tračnicama (9) dužine 6 m. Da bi se smanjio doprinos rasejanom zračenju delovi kolica koji se nalaze u snopu gama zračenja izradjeni su od lakog materijala. Reproducibilnost položaja kolica u snopu je bolja od $\pm$ I mm. Gornji deo kolica ima sistem za pozicioniranje instrumenata i TV kameru (10) koja je postavljena iznad indikatorskog dela ispitivanog dozimetra (11).

Komandni pult omogućava da se iz druge prostorije obave sledeće operacije: dovodjenje izvora u radni položaj i njegovo vraćanje u kontejner, kao i aktiviranje signalno-sigurnosnog sistema. Odabiranje izvora se vrši ručno na samom uredjaju, a na komandnom pultu se nalazi indikacija odabranog izvora. Signalno-sigurnosni sistem onemogućava ulazak u prostoriju kada je izvor u radnom položaju; crvenim svetlima u radnoj prostoriji i na ulaznim vratima označava se opasnost od zračenja.

U istoj prostoriji gde je smešten komandni pult nalazi se monitor TV kamere i mehanizam za pokretanje kolica po tračnicama.

Zaključak

Opisani uredjaj čija je realizacija u završnoj fazi, smešten u prostoriji veličine 4x8,5x3,4 m^3, treba da omogući formiranje polja zračenja čiji kvalitet zadovoljava zahteve postavljene ISO standardom 4037. Opisanim uredjajem će se kontinuirano pokrivati opseg jačine ekspozicije od 7 $pC.kg^{-1}.s^{-1}$ do 7 $\mu C.kg^{-1}.s^{-1}$.

CALIBRATION AND CHECKING DEVICE FOR DOSIMETRIC EQUIPMENT - Conditions were analysed for obtaining reference radiation fields for calibration of dosimetric equipment for primary and secondary laboratories. A setup is described that uses collimated gamma-ray beams and covers the exposure rate range from 7 pC/kg.s to 7 μC/kg.s.

Reference

1. International Standard ISO 4037-1979 (E)
2. Comite consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants, Sect.I Rayons X et Gamma, e^-, BIPM, Paris 1976
3. Comitè Consultatif pour les Etalon de Mesure des Rayonnements Ionisants, Sect.I Rayons X et Gamma, BIPM, Paris, 1971

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. juna 1985.g.

Dj. Ristić, P. Marković, S. Vuković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

METODA MERENJA X-ZRAČENJA RASEJANOG UNAZAD I ODREDJIVANJA KOEFICIJENTA RASEJANJA ZA NAPONE RENDGENSKE CEVI OD 50 DO 400 kV

REZIME: Prikazana je metoda merenja X-zračenja rasejanog unazad i postupak odredjivanja koeficijenta rasejanja za anodne napone rendgenske cevi od 50 do 400 kV. Metoda je postavljena na osnovu sopstvenog iskustva i adaptiranih literaturnih podataka.

UVOD

Svojstvo rasejanja X-zračenja unazad nekog materijala odredjuje se merenjem rasejanog zračenja, odnosno odredjivanjem količine i energije ovog zračenja. Mera za količinu i energiju X-zračenja rasejanog unazad od odredjenog materijala je jačina ekspozicione doze, koja u ovom slučaju zavisi od:

- jačine ekspozicione doze primarnog zračenja;
- ugla upada primarnog snopa zračenja Θ_o, ugla rasejanja zračenja Θ i veličine poprečnog preseka primarnog snopa zračenja;
- veličine površine, debljine i prirode materijala rasejivača (Z_{ef} i gustine) i
- uzajamnog rasporeda izvora primarnog zračenja, rasejivača i tačke detekcije rasejanog zračenja.

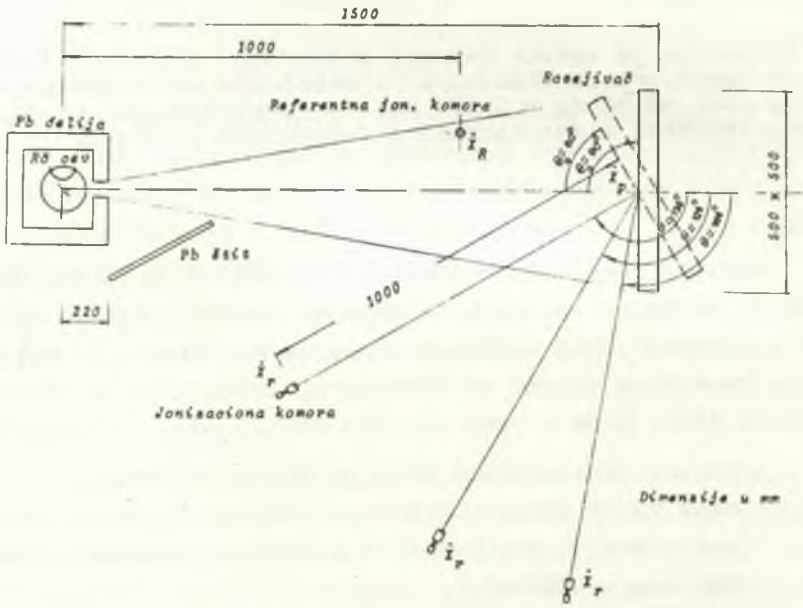
Za proračun i rešavanje praktičnih zadataka zaštite od X-zračenja rasejanog unazad od odredjenog materijala neophodno je poznavanje inteziteta X-zračenja rasejanog unazad u funkciji ugla upada primarnog zračenja Θ_o, ugla rasejanja zračenja Θ i debljine rasejavajućeg materijala.

Pošto intenzitet zračenja rasejanog unazad, odnosno ja-

čina ekspozicione doze, zavisi od gore navedenih faktora to znači da su rezultati njihovog merenja korektni i upotrebljivi samo ako su mereni i odredjivani po specificiranoj metodi, kojom su definisani: kvalitet primarnog X-zračenja, geometrijski i ostali uslovi merenja i postupak odredjivanja koeficijenta rasejanja.

MERNI SKLOP ZA MERENJE X-ZRAČENJA RASEJANOG UNAZAD

Za merenje jačine ekspozicione doze X-zračenja rasejanog unazad od odredjenog materijala neophodan je merni sklop prikazan na sl. 1.



Sl.1. *Merni sklop za merenje X-zračenja rasejanog unazad*

Kao što se vidi sa slike, merni sklop se sastoji od sledećih elemenata:

- Izvor X-zračenja,
- Sistem za kolimaciju spona X-zračenja i zaštitu od nekorisnog zračenja - olovna komora,
- Olovni štit za zaštitu jonizacione komore od nekorisnog zračenja,
- Uzorci ispitivanog materijala i
- Jonizaciona komora.

Kvalitet primarnog X-zračenja, čije se rasejanje meri,

odredjuje se u praksi za sve korišćene anodne napone na rendgenskoj cevi, i to podacima o:

- ukupnoj filtraciji primarnog zračenja, izraženoj debljinom referentnog materijala,
- prvoj i drugoj poludebljini i
- stepenu homogenosti, odnosno količniku druge poludebljine prema prvoj poludebljini.

Merenje rasejanja u okviru ove metode vrši se pri veličini polja ozračivanja uzoraka rasejivača primarnim snopom X-zračenja za koju prestaje porast inteziteta rasejanog zračenja sa daljim njenim povećanjem. Takodje se daju podaci o doprinosu nekorisnog zračenja (propušteno i rasejano) jačini ekspozicione doze u tačkama merenja zračenja rasejanog unazad. Doprinos nekorisnog zračenja odredjuje se merenjem jačine ekspozicione doze u uslovima kada se otvor olovne komore u pravcu usta rendgenske cevi potpuno zatvori slojem olova debljine 10 cm. Pored ovoga potrebno je da se odredi homogenost primarnog snopa zračenja kao i njegova konstantnost u toku merenja.

Za uzorke materijala, na kojima se ispituje rasejanje zračenja, daju se osnovni podaci o fizičkim osobinama i hemijskom sastavu i homogenosti.

Zahtevi u pogledu karakteristika dozimetrijske instrumentacije koja se može koristiti u okviru ove metode su sledeći:

- pokazivanje zavisno od pravca upadnog zračenja u polusferi od 180° mora biti zanemarljivo,
- zavisnost pokazivanja od energije zračenja u opsegu 40 do 400 keV ne sme prelaziti $\pm$ 20% i
- da dijametar i dužina osetljive zapremine detektora ne prelazi 10 cm.

Dve uglovne raspodele X-zračenja rasejanog unazad za $\theta_o = 60^{o}$ i $\theta_o = 90^{o}$ smatraju se reprezentativnim za sve uglovne raspodele zavisne od θ_o.

Relativna neizvesnost (greška) za ceo opseg merenja ekspozicione doze u ovoj metodi je o,2o7.

POSTUPAK ZA ODREDJIVANJE KOEFICIJENTA RASEJANJA X-ZRAČENJA I NJEGOVE ZAVISNOSTI OD DEBLJINE RASEJIVAČA I UGLA RASEJANJA

Koeficijent rasejanja - K ili albedo odredjuje se:

a. merenjem jačine ekspozicione doze na mestu gde osa širokog snopa X-zračenja prolazi kroz centar povr-

šine rasejivača, bez njegovog prisustva - X_p ,

b. merenjem jačine ekspozicione doze X-zračenja rasejanog unazad na mestima udaljenim 1 m od centra rasejavajuće površine u kojima osa jonizacione komore zaklapa odredjene uglove sa osom snopa upadom zračenja - X_r , kao što je prikazano na sl. 1 i

c. korišćenjem formule za izračunavanje koeficijenta rasejanja

$$K = \frac{X_r}{X_p} \cdot 100$$

Zavisnost inteziteta X-zračenja rasejanog unazad od debljine rasejivača i ugla rasejanja odredjuje se merenjem jačine ekspozicione doze za odredjene uglove upada primarnog zračenja Θ_o i uglove rasejanja Θ uz postupno povećanje debljine rasejivača.

ABSTRACT: In this paper is described a method developed by authors for the X-Ray back scattering measurements, as well the procedure for the determination of the scattering coefficients for X-tube voltages ranging from 50 to 400 kV.

LITERATURA

1. Hettinger G.Angular and spectral distribution of back scattered radiation from slabs of water, brass and lead iradiaeted by photons between 50 to 250 keV. Acta Radiologica, vol 54 (1960).
2. Legere J.M. et al, Blindage contre les grands champs de rayons X primaires et diffuses des appareits triphases au moyen de panneaux de verr, de gypse et de plomb acoustique, Radioprotection, vol. 13, n° 2, page 79-95, 1977.
3. Joksimović V. Teorijska i eksperimentalna analiza optimalnih uslova zaštite od X-zračenja pri upotrebi Ba SO_4 maltera. Doktorska disertacija, 1975, Niš.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Ines Krajcar-Bronić, Dušan Srdoč i Bogomil Obelić
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

KONTROLA ČISTOĆE PLINOVA KOD MJERENJA NISKE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI TRICIJA

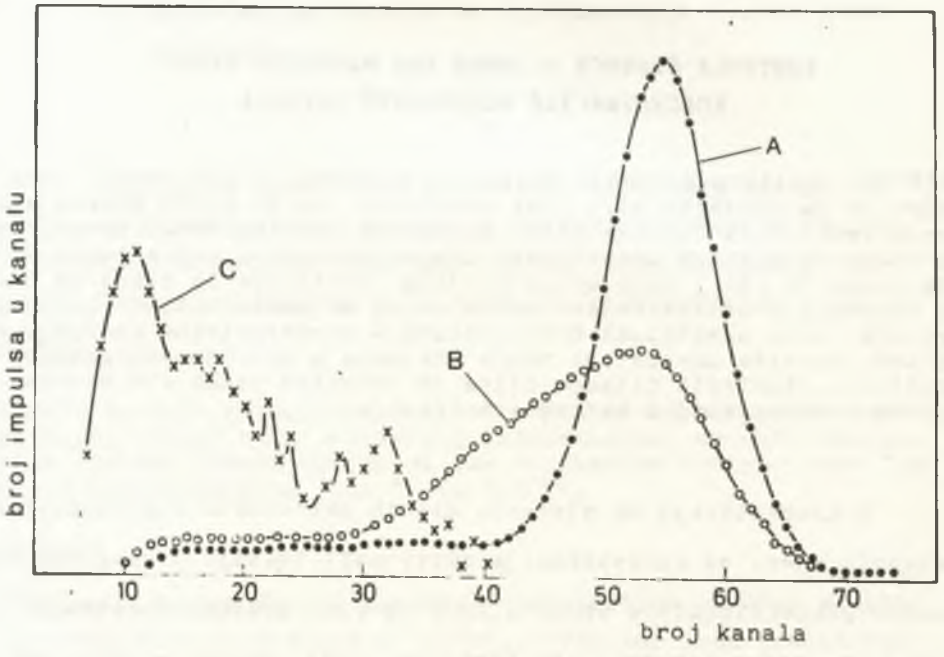
SAŽETAK: Prilikom mjerenja niskih koncentracija aktivnosti tricija važno je da brojački plin bude što čišći, te se prije svakog mjerenja kontrolira čistoća plina snimanjem spektra ^{55}Fe. Ustanovljena je dobra korelacija učestalosti broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV i rezolucije brojača. Nečistoće iz plina se uklanjaju dodatnim pročišćavanjem, nakon kojeg se opaža bolja rezolucija brojača, viša učestalost broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV, te niža učestalost broja otkucaja u mjernom energetskom intervalu. Kontrola čistoće plina je naročito važna kod uzoraka s niskom koncentracijom aktivnosti tricija.

U Laboratoriju za mjerenje niskih aktivnosti Instituta Ruđer Bošković mjeri se koncentracija aktivnosti tricija u uzorcima voda pomoću proporcionalnog brojača koji se puni metanom dobivenim reakcijom vode s aluminijevim karbidom (1,2). Mjerenje zahtijeva plinove velike čistoće, pa je nakon pripreme potrebno metan koji sadrži primjese vodika, dušika, sumporovodika, viših ugljikovodika, vodene pare i sl., pročistiti (3). Kvaliteta brojačkog plina kontrolira se u proporcionalnom brojaču neposredno prije mjerenja koncentracije aktivnosti tricija snimanjem spektra monoenergetskih fotoelektrona nastalih raspadom ^{55}Fe, energije 5,89 keV. Snimljeni spektar karakteriziran je rezolucijom R:

$$R = \frac{FWHM}{\bar{x}} \times 100 \ (\%) \qquad (1)$$

FWHM označava širinu spektralne linije na polovici visine (Full Width at Half Maximum), a $\bar{x}$ srednju energiju spektra. Svako onečišćenje plina ima za posljedicu proširenje spektralne linije, a time

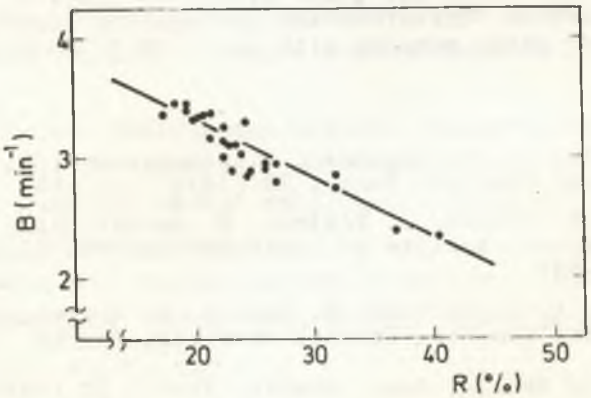
ujedno i kvarenje rezolucije brojača. Na slici 1. prikazana je ^{55}Fe linija u jednom standardno čistom plinu, zatim u plinu s malom primjesom onečišćenja, te u sasvim onečišćenom plinu.



Slika 1. Spektralna linija izotcpa ^{55}Fe od 5,89 keV snimljena u: a) čistom plinu (R=20%), b) plinu s malom primjesom onečišćenja (R=40%), c) vrlo nečistom plinu (rezolucija se praktički ne može izmjeriti zbog potpune deformacije spektra)

β - čestice nastale radioaktivnim raspadom tricija imaju maksimalnu energiju od 18 keV, ali se koncentracija aktivnosti tricija mjeri u energetskom intervalu od 1,1 do 9,7 keV, jer je u tom intervalu postignuta najbolja efikasnost sistema (2). Istovremeno se mjeri učestalost broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV. Potvrdeni su rezultati mjerenja Povineca (4), te je ustanovljena dobra korelacija između učestalosti broja otkucaja osnovnog zračenja u mjernom energetskom intervalu i u energetskom području iznad 18 keV (2), tako da se osnovno zračenje može pratiti svakodnevno i za vrijeme

mjerenja aktivnih uzoraka. Kod nedovoljno čistih uzoraka opaženo je smanjenje učestalosti broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV i to proporcionalno stupnju onečišćenja plina. Istovremeno je rezolucija brojača znatno oslabljena, što se odražava u porastu vrijednosti R (slika 2.). Osim ovog efekta, kod nečistih plinova dolazi do pomaka spektra tricija prema nižim energijama, što se očituje povećanjem učestalosti broja otkucaja u energetskom intervalu od 1,1 do 9,7 keV. To znači da je izračunata koncentracija aktivnosti tricija u djelomično onečišćenom plinu veća od stvarne. Kod uzoraka s koncentracijom aktivnosti tricija na granici detekcije sistema, koja iznosi 0,2 Bq/l, nečist brojački plin može unijeti značajnu pogrešku u rezultat mjerenja. Da bismo dobili pravu vrijednost koncentracije aktivnosti tricija, plinove koji ne zadovoljavaju čistoćom moramo još jednom pročistiti i ponovo mjeriti. Nakon dodatnog pročišćenja opaža se poboljšanje rezolucije brojača (tablica 1), učestalost broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV (B) raste, a u mjernom energetskom intervalu (C) pada. Time je znatno smanjena pogreška mjerenja koncentracije aktivnosti tricija (A) u uzorku. Ukoliko ni nakon dodatnog pročišćavanja čistoća plina ne zadovoljava, što se očituje u vrijednosti R>>20%, uzorak se ponovo priprema.



Slika 2: Korelacija učestalosti broja otkucaja u energetskom području iznad 18 keV (B) i rezolucije brojača (R) punjenog metanom

Tablica 1. Rezultati dodatnog pročišćavanja dvaju plinova

Uzorak		R (%)	B (min^{-1})	C (min^{-1})	A (Bq/l)
"I"	prije pročišćavanja	37	2,40 ± 0,05	2,35 ± 0,04	4,04 ± 0,22
	poslije pročišćavanja	21	3,13 ± 0,05	2,20 ± 0,04	3,43 ± 0,21
"II"	prije pročišćavanja	32	2,86 ± 0,05	1,48 ± 0,04	0,45 ± 0,20
	poslije pročišćavanja	23	3,12 ± 0,05	1,36 ± 0,03	<0,2

Kontrola čistoće plinova je neobično važna kod mjerenja niskih koncentracija aktivnosti tricija u vodama pomoću proporcionalnog brojača, jer nedovoljno čisti plinovi mogu pokazati aktivnost iznad donje granice detekcije mjernog sistema, iako je koncentracija aktivnosti tricija u vodi ispod te granice.

ABSTRACT: Tritium activity in water samples has been measured by means of a proportional counter in the energy interval from 1,1 to 9,7 keV where the optimal efficiency for tritium activity was obtained. Background counting rate above tritium energy (18 keV) has been measured simultaneously. The gas quality has been controlled before each measurement by measuring the ^{55}Fe spectral line (5,89 keV). Good correlation between the counting rate above 18 keV and the spectral resolution has been obtained. Contaminated gas samples have been purified and vacuum distilled repeatedly until a satisfactory counter resolution was obtained. Usually, after two purification steps the spectral resolution was better, the counting rate above 18 keV was higher and the counting rate in the measured energy interval was lower. The measured tritium activity of the purified sample was also lower. Very often the samples which showed slight tritium activity above the lower detection limit of the system turned out to be inactive. Therefore the gas quality control is of special importance for water samples with very low tritium activity.

LITERATURA:

1. Siegenthaler U., H. Ceschger, U. Schotterer, K. Hänni; Int. J. Appl. Radiat. Isot., 26 (1975) 459-464

2. Srdoč D., B. Obelić, I. Krajcar, N. Horvatinčić; XII Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Zbornik radova, Ohrid, 1983, 632-637

3. Srdoč, D., A. Sliepčević, B. Obelić, N. Horvatinčić, I. Krajcar; IX Vakuumski kongres, Zbornik referata, Zagreb, 1983, 278-283

4. Fovinec P.; Int. J. Appl. Radiat. Isot., 32 (1981) 729-732

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Lazarević V.
Boreli F.
Stojanović M.
Glišović D.*

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča - Beograd
*Vojnotehnički institut - Beograd

BRZI MILIVOLTNI DISKRIMINATOR SA UNIPOLARNIM NAPAJANJEM MALE POTROŠNJE

Kod milivoltnog diskriminatora javlja se redovno problem stabilnosti nivoa diskriminacije , (koji može biti u blizini nivoa šuma) a koji se menja sa brojem impulsa na ulazu. Zbog toga je osnovnom diskriminatorskom kolu IC_1, pridodat je komparator IC_2, čiji su izlazi paralelno spojeni (sl.1.). na ovaj način postiže se da se referentni nivo diskriminatora može postaviti u neposrednoj blizini šuma. Na definisanost i stabilnost diskriminacionog nivoa utiče regularnost impulsa (tj. bez defekta) i bliskost dva susedna impulsa, što se sve javlja pri velikom broju impulsa. Izgledi impulsa bez, i sa, defekta su prikazani na sl.1. Ponavljanje i odnos trajanja impulsa je dato na sl.2. Da bi se eliminisala promena nivoa diskriminacije na osnovnom diskriminatorskom kolu izvedenaje pozitivna povratna sprega koja se sastoji iz dve grane: u jednoj grani se nalaze pasivni elementi R_6 i C_5, a u drugoj grani nalazi se aktivni elemenat tranzistor Q_1. Tranzistor obavlja tri funkcije. 1. kao element pozitivne povratne sprege ubrzava vreme prebacivanja komparatora. 2. Vrši brzo ispražnjenje kondenzatora C_1 i na taj način dovodi osnovni nivo na predhodnu vrednost. 3. Ubrzava vraćanje komparatora u stacionarno stanje.

Kad negativni impuls predje referentni nivo na izlazu komparatora pojavljuje se negativni impuls koji se diferencira sa R_4 i C_4; na ovaj način se vrlo kratko vreme drži otvoren tranzistor, i tako prisiljava komparator da se vrati u stacionarno stanje.

Maksimalan broj impulsa u sekundi je odredjen sa 50% od odnosa vremena trajanja i ponavaljanja impulsa. Odnos trajanja impulsa je definisan na sledeći način:

$$TI\% = W \times R \times 100\%$$

gde je W širina impulsa na nivou osnovne linije, a R je ulazni broj impulsa u s. Na sl.5. prikazan je uticaj povratne sprege na stabilnost nivoa diskriminatora kod spektra ^{57}Co koji je dobijen mernom sondom sa Si PPD.

Abstract

A fast discriminator of low power in the mV range with a unipolar supply is described.

The discrimination level instability is a regular problem in the mV discriminator circuits. To make it stable a positive feedbach is introduced via two branches: one transistor and a passive RC element. Transistor p[illegible]orms the following functions:1. it speeds up the transition of the comparator; 2. it discharges the condenser C_1 and brings the level to the starting value: 3. it speeds up the comparator to the off state.

Literatura:

1. C.A.B. correia,IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1978, Vol. NS-25 No.1

2. K.W.Renner,IEEE Trans. on Nucl. Sci. Vol. NS-28, No.1, 1981

3. M.O.Bedwll,IEEE Trans. on Nucl. Sci. Vol. NS-25, No.1, 1978

Tekst uz slike

za rad: Brzi milivoltni diskriminator sa unipolarnim napajanjem male potrošnje.

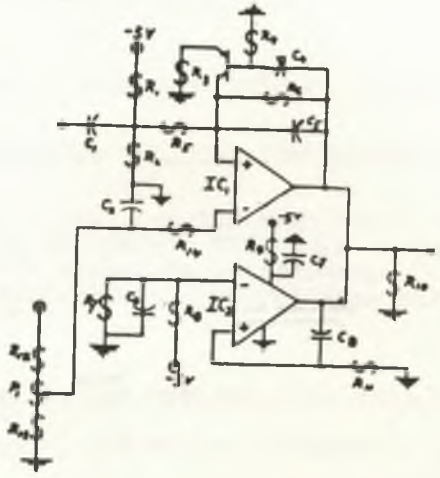
Sl. 1. Šema diskriminatorskog kola

Sl. 2. Impulsi bez defekta (a) i sa defektom (b)

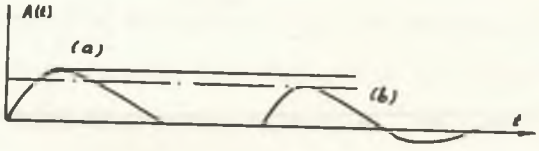
Sl. 3. Odnos trajanja impulsa dat je C_1/C_2

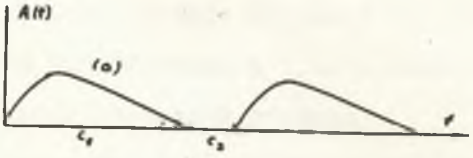
Sl. 4. Principijelna šema diskriminatora.

Sl. 5. Uticaj navedene povratne sprege na rad diskriminatora. Prag diskriminacije je podešen na 10 keV. Spektar gama zračenja ^{57}Co.
(a) sa povratnom spregom
(b) bez povratne sprege

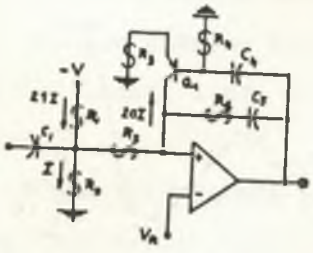


Sl. 1.



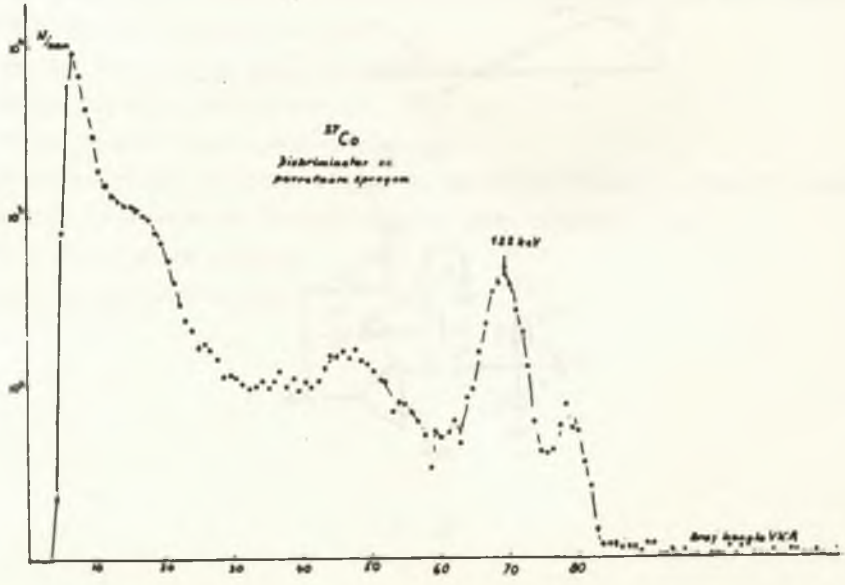


Sl. 2.



Sl. 3.

Sl. 4.



Sl. 5.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZASTITI OD ZRAČENJA

Spasić V .
Savezni zavod za mere i dragocene metale, Beograd

METROLOSKO OBEZBEĐENJE VELIČINA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Sažetak: Ovaj rad je kratak pregled mogućnosti organizovanja metrologije jonizujućih zračenja u SFRJ koje su zasnovane na tretiranju nekih osnovnih elemenata metrološkog sistema. Dat je i osvrt na posledice neobezbeđenja metrološkog sistema.

Uvod

Nuklearna tehnologija kao potencijalno opasna praćena je izuzetnim merama sigurnosti. Da se taj visestruki lanac sigurnosti ne bi prekinuo neophodno je obezbediti ispravnost merila kojima se mere relevantni parametri. Željena tačnost se postiže periodičnim pregledima merila etalonima koji su posredno ili neposredno vezani za jugoslovenske i međunarodne primarne etalone.Neobezbeđenje metrološki ispravnih etalona i propisa može da ima za posledicu sledeće:

1. etaloni sa kojima se vrše pregledi merila nemaju potrebnu metrološku vezu sa jugoslovenskim i međunarodnim etalonima tako da su moguće velike sistematske greške;

2. merila se neredovno ili uopšte ne pregledaju uz izraženu tendenciju samopregleda;

3. načini pregleda merila i metode merenja su neunificirani;

4. velike greške u merenju stepena kontaminacije hrane i vode mogu dovesti do kontaminiranosti ljudi ili do nepotrebne zabrane korišćenja vode i hrane ;

5. greške merenja ličnih i komandnih merila mogu imati za posledicu pogrešnu procenu situacije i donošenje pogrešnih odluka u komandovanju.

Da bi se izbegle ili ublažile navedene posledice neophodno je uvesti potpuno metrološko obezbeđenje etalona i merila jonizuju-

ćih zračenja.

Elementi metrološkog sistema

Metrološki sistem je jedinstven sistem koji je uspostavljen u jednoj državi sa ciljem da garantuje metrološko obezbeđenje određene merne jedinice i fizičke veličine i podrazumeva skup pravila, tehničkih sredstava i neophodnih mera preduzetih za obezbeđenje potrebne tačnosti merenja određene veličine. Da bi se realizovao metrološki sistem potrebno je obezbediti njegove osnovne elemente koje sačinjavaju :

1. etaloni,
2. merila,
3. primena i razvoj mernih metoda,
4. pregled etalona i merila,
5. zakonska i podzakonska regulativa,
6. obrazovanje kadrova,
7. institucionalna struktura,
8. analiza podataka i izveštavanje i
9. obezbeđenje kvaliteta merenja .

Ovde će se razmotriti samo neki elementi metrološkog sistema.

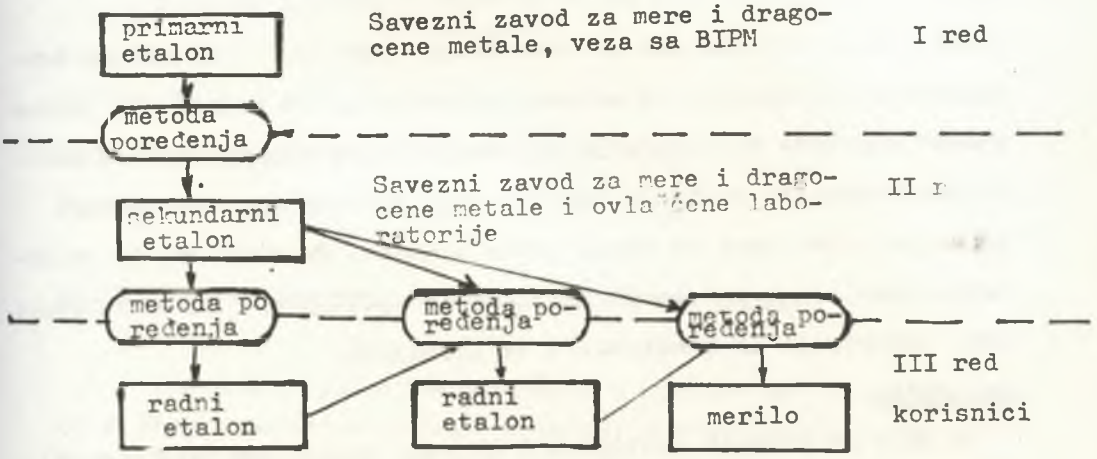
Prenos tačne mere pri pregledu etalona nižeg ranga i merila vrši se prema nijerarnijskoj šemi koja pokazuje hijerarhiju mer - nih sredstava / etaloni i merila / prema redosledu i tačnosti operacija prenošenja merne jedinice. Na slici 1. data je ugledna hijerarnijska šema.

Institucionalnu strukturu u SFRJ čine :

I Savezni zavod za mere i dragocene metale koji je zadužen da u ime Federacije obezbeđuje merno jedinstvo u SFRJ i koji ostvaruje vezu sa metrološkim laboratorijama Međunarodnog biroa za tegove i mere u Parizu.

II Ovlašćene laboratorije Saveznog zavoda za mere i dragocene metale u smislu člana 57. Zakona o mernim jedinicama i merilima

III Laboratorije kod korisnika .



slika 1.

Rad na metrologiji jonizujućih zračenja u našoj zemlji ima određenu tradiciju, ali još nije organizovan ni usmeren na izgradnju sistematskog rešavanja problema metrološkog obezbeđenja. Posledica toga je da danas u SFRJ postoji samo jedan, od zvaničnog nadležnog organa, priznat etalon i to sekundarnog nivoa za ekspozicionu dozu X i gama zračenja.

Savezni zavod za mere i dragocene metale je jedini organ u zemlji nadležan za poslove poveravanja pregleda radnih etalona i merila. Tendencija Zavoda je da se kroz ovlašćivanje i podruštvljavanje zakonske metrologije racionalno iskoriste svi materijalni i kadrovski kapaciteti koji stoje na raspolaganju našem društvu. Prednost ovlašćenih laboratorija se ogleda u :

- mogućnosti pružanja usluga većem broju korisnika ;
- blizini neposrednim korisnicima tačne mere ;
- pogodnosti u obučavanju metrološkog kadra i

- mogućnosti ovlašćivanja za pružanje usluga samo na određenoj teritoriji čime se povećava efikasnost pružanja metroloških usluga.

Pored navedenih prednosti potrebno je ograničiti broj ovlašćenih laboratorija kako se ne bi multiplicirali kapaciteti i javila merna nesigurnost u lancu tačne mere zbog eventualnih konkurentskih elemenata. Ovlašćene laboratorije bi trebalo da prvenstveno obezbede etaloniranje etalona nižeg ranga za pregled merila kod korisnika posto je osnovni cilj metrološkog obezbeđenja održanje tačne mere na mestu njene primene. Do sada važeće ovlašćenje imaju samo Onkološki inštitut iz Ljubljane i Zavod za raziskavo materijala in konstrukcij iz Ljubljane.

Zaključak

U SFRJ bi trebalo realizovati osnovni aspekt metrologije, tj. ostvariti jugoslovenske primarne etalone za sve veličine. Jasno je da se sve oblasti merenja jonizujućih zračenja ne mogu odjednom obezbediti potrebnim etalonima, metodama i propisima pa je Srednjoročnim planom razvoja Saveznog zavoda za mere i dragocene metale za period 1986.- 1990.god. određeni prioritet dat medicini, energetici, profesionalnoj primeni i ekologiji uz posebno insistiranje na ovlašćenim laboratorijama.

Abstract: This paper is a short survey of ionizing radiation metrology posibilities of organization based on some basic measuring system elements treating. Review on consequence of measurement unity nonproviding is also given.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985

Boreli F.
Lazarević V.
Orlić M.[1]
Stojanović M.
Glišović D.[1]

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča - Beograd
[1]Vojnotehnički institut - Beograd

SPEKTROMETARSKA MERNA SONDA ZA NISKOENERGETSKO GAMA ZRAČENJE

Merna sonda kod većine medicinskih i tehničkih mernih uredjaja vezanih za primenu nuklearnog zračenja se sastoji iz proporcionalnog detektora i odgovarajućeg elektronskog dela. Na izlazu iz merne sonde treba da se dobije dovoljno pojačani linearni signal za daljnu analizu spektra zračenja ili integralnim diskriminatorom izdvojeni i obradjeni željeni deo spektra.

Razvijena je i ispitana spektrometarska merna sonda sa Si poluprovodničkim detektorom (PPD) za niskoenergetsko gama zračenje energija ispod 200 keV. Niskošumni PPD je tipa sa površinskom barijerom, koji radi na sobnoj temperaturi; njegove karakteristike i osnovna tehnologija je opisana u zasebnom radu.

Pojačanje signala detektora reda (1mV/keV) se postiže niskošumnim Predpojačavačem (PP) osetljivim na naelektrisanje i linearnim pojačavačem (LP) do amplitude reda 100 mV, što se vodi na linearni izlaz za dalje korišćenje.

Drugi izlaz iz LP se vodi na integralni diskriminator (ID) sa stabilisanim promenjivim nivoom diskriminacije, kojim se izdvaja željeni deo spektra i obradjuje u vidu standardnih izlaznin impulsa radi vodjenja u indikator brzine broja impulsa. Kako se radi o relativno malom signalu potrebno je postići nezavisnost nivoa diskriminacije od broja impulsa na ulazu. Razvijeno diskriminatorsko kolo sa takvim karakteristikama je opisano u zasebnom radu.

Merna sonda sadrži test-generator (TG) za ispitivanje ispravnosti rada uredjaja. U sondi je smešten i visoko naponski deo za napajanje PPD, do 50 V,(VN).

Specijalna osobenost sonde je napajanje iz baterije od 9 V uz potrošnju ispod 10 mA. Znači da se sva kola napajaju unipolarno.

Umesto Si PPD, čija je tehnologija osvojena, sonda može da koristi Cd-Te detektor, koji takodje ne zahteva hladjenje, a čija je efikasnost u istoj energetskoj oblasti gama zračenja veća za dva reda veličine. Primena merne sonde kod uredjaja za merenje debljine limova na bazi refleksije gama zračenja, sa Cd-Te kao detektorom je opisana u zasebnom radu.

Karakteristike PP izmerene su uobičajenom spektrometrijskom metodom prikazanom na sl. 1. Na ulaz u PP je doveden test impuls iz preciznog impuls generatora proizvodnje ORTEC Mod. 419, preko kapaciteta od 1 pF. Na izlazu je posmatran spektar impulsa posle pojačanja linearnim pojačavačem istog proizvodjača ORTEC Mod. 435, na višekanalnom analizatoru, "NUCLEAR DATA" ND-60 sa 1024 kanala. Za ulazni kapacitet od 10 pF, uz radni otpor od 10 MOhm, šum je manji od 3 keV, sa nagibom od oko 50 eV/pF.

Na sl.2. data je osnovna šema merne sonde.

Na sl.3. prikazan je gama spektar na izlazu iz linearne grane merne sonde snimljen navedenim VKA, za ^{241}Am (60 keV) i ^{125}I (35,4 keV).

Abstract

The main characteristics of a portable gamma spectrometer are discribed. It consists of a Si-semiconductor gamma detector, a charge sensitive preamplifier, the main amplifier and a discriminator. The power supply is from a rechargeble battery of 9V and 10 mA.

Literatura:

1. A.R.Jones, IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1969, Vol NS-16, 25.
2. R.Bly, B.Coyne, T.J. Paulus, IEEE Trans. on Nucl. Sci. Vol. N.S.-28 Nol, 1981.
3. T.Kobayashi and all. IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-18, Vol.1, 1973.

Tekst uz slike za rad: SPEKTROMETARSKA MERNA SONDA .....

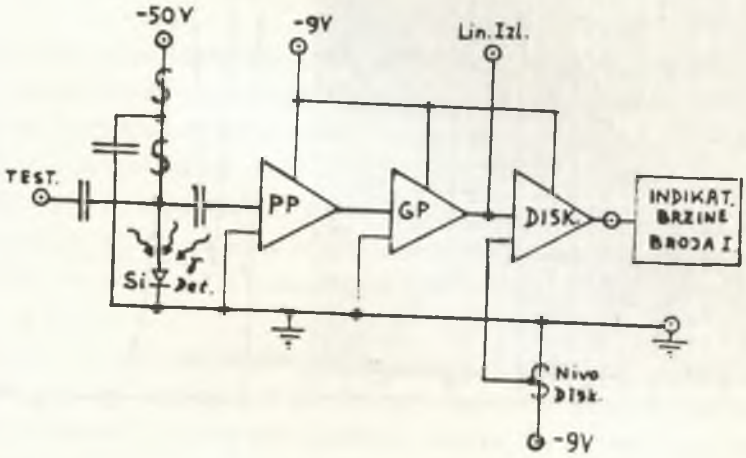
Sl.1. Blok šema ispitivanja predpojačvača osetljivog na naelektrisanje (PP) spektrometarskom metodom sa preciznim Impulsgeneratorom i gama izvorom.

Sl.2. Blok šema spektrometarske merne sonde sa Si poluprovodničkim gama detektorom.

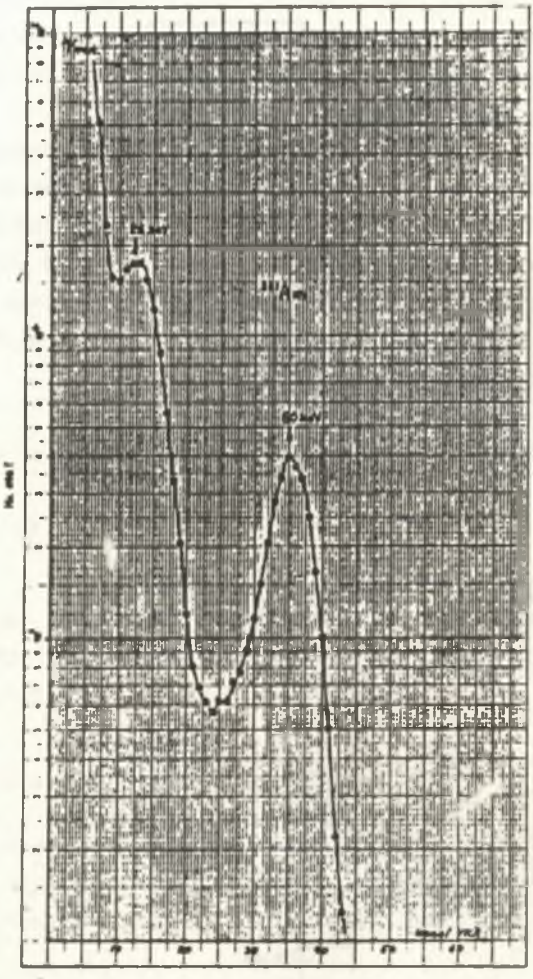
Sl.3. Snimljeni spektri gama zračenja ^{241}Am(60 keV) i ^{135}I(35,4 keV) spektrometarskom mernom sondom sa Si-PPD i VKA-ND 60.

TEST
GENER.
ORTEC
M. 419
PP
Si
LINEA
POJAČ.
ORTEC
M. 435
SPEKTAR
VIŠEKANAL.
AMP. ANALIZ
ND-60

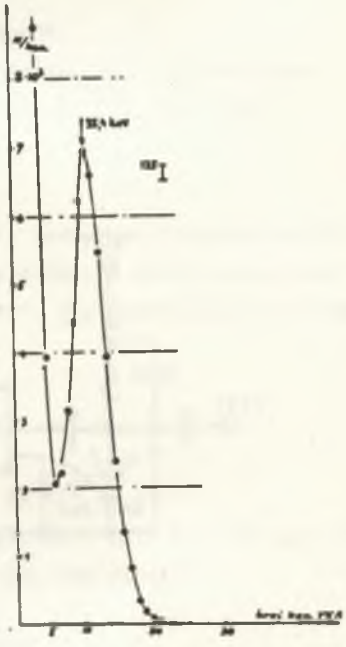
Sl. 1.


-50V
-9V
Lin. Izl.
TEST.
PP
GP
DISK.
INDIKAT.
BRZINE
BROJA I
Si
Det.
Nivo
Disk.
-9V

Sl. 2.



S1.3.a.



S1.3.b.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Stojanović M.
Boreli F
Lazarević V.
Orlić M.*

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča - Beograd
*Vojnotehnički institut - Beograd

KARAKTERISTIKE DOMAĆEG Si-PPD ZA NISKOENERGETSKO γ-ZRAČENJE
(za rad na sobnim temperaturama)

Sadržaj

U radu su date karakteristike domaćeg Si-PPD koji je proizveden u Laboratoriji za fiziku, IBK - Vinča, na bazi sopstvene tehnologije.

A. Uvod

Poluprovodnički detektor (PPD) sa površinskom barijerom pretstavlja u osnovi kristalnu diodu odgovarajuće površine koja omogućava da se apsorbovano nuklearno zračenje u njoj detektuje. On se ne upotrebljava kao nezavisan elemenat. Za rad detektora potreban je napon napajanja za inverzno polarisanje i elektronsko kolo (predpojačavač) koje omogućava pojačanje strujnog signala koji daje detektor na izlazu kada se nadje u polju nuklearnog zračenja [1,2]. Šematski prikaz inverzno polarisanog detektora sa površinskog (Schottky) barijerom dat je na sl. 1.

Osnovni fizički mehanizam koji omogućava razdvajanje indukovanog naelektrisanja nastalog apsorpcijom nuklearnog zračenja u detektoru predstavlja ispravljačka karakteristika na bazi Schottky efekta. On je vezan za spoj metal-poluprovodnik. Ispravljačka karakteristika ovog spoja slična je onoj koju poseduje dioda sa klasičnim p-n spojem i postaje izraženija u prisustvu tankog izolatorskog sloja izmedju poluprovodnika i metala. Taj sloj je najčešće silicijum di(oksid) ili silicijum nitrid[1,3,4,5,6]. U našem slučaju inverzni sloj je silicijum dioksid, metal je zlato a poluprovodnik je silicijum n-tipa.

PPD sa površinskom barijerom koristi se više od 30 godina u različitim

uslovima i primenama: u istraživačkim laboratorijama, u orbitalnim stanicama, u rudnicima radioaktivnih ruda, uredjajima za merenje i zaštitu od zračenja i sl. U Laboratoriji za fiziku pre 20 godina bio je razvijen PPD za α čestice.

B. Karakteristike detektora

Izrada detektora obuhvata niz tehnoloških operacija koje treba da omoguće optimalnu strukturu detektora. Najvažniji deo u toj strukturi, koji i najviše zavisi od tehnologije izrade detektora svakako je izolatorski (oksidni) sloj. U fizičkom smislu tehnologijom izrade detektora obezbedjuje se odgovarajuća visina Schottky barijere, koja direktno utiče na izlazne karakteristike detektora kao što su: veličina probojnog napona u inverznom napajanju, struja curenja, efikasnost detektora, šum detektor i dr.

Kao osnovni materijal detektori najčešće se koristi: Si, CdTe, Ge i GaAs. Za rad na sobnoj temperaturi, detektor koji smo mi razvili koristi n-tip silicijuma, orijentacije silicijuma $<111>$, specifične otpornosti od 5000-10000 Ohmcm, površine 25-80 mm^2 i debljine od 0,4 do 0,6 mm.

Izrada kontakata vrši se naparavanjem metala u vakuumu. Kao tehnike koriste se elektrootporno naparavanje i naparavnje elektronskim topom. Mi smo koristili elektrootporno naparavanje. Prednji kontakt (p-kontakt) je sloj od zlata debljine 30-50 $\mu g/cm^2$. Zadnji kontakt (n kontakt) je od aluminijuma debljine 100 $\mu g/cm^2$. Kao zadnji kontakt razvili smo i sendvič kontakt u obliku Ge-Al koji pokazuje dobre rezultate.

U-I karakteristika jednog od ovih detektora prikazana je na sl. 2. Kao što se vidi struja curenja je ispod 10 nA, za površine detektora od 40 mm^2, pri inverznom naponu od 75 V, merenja su vršena na sobnoj temperaturi. Šum detektora i spektar ^{99m}Tc snimljeni mernom sondom na višekanalnom analizatoru prikazani su na sl. 3. kao što se vidi ukupan šum sonde sa PPD-om iznosi 8,5 keV-a. Šum detektora je 4,8 keV-a. Efikasnost detektora je 4imp/s/mR/h.

Merna sonda (predpojačavač + pojačavač + diskriminator) uradjena je takodje u Laboratoriji za fiziku, IBK - Vinča, a opisana je u posebnom radu za ovaj simpozijum.

C. Zaključak

PPD čije smo karakteristike prikazali u ovom radu razvijen je u Laboratoriji za fiziku IBK - Vinča. Karakteristike koje smo dalu u tekstu navode nas na zaključak da se ovaj tip detektora može koristiti u raznim

prilikama za detekciju i merenje γ -zračenja na sobnoj temperaturi.

Abstrakt

The main characteristics of the home made Si-semiconductor gamma detector are described. The detector is of the surface barrier (Schottky) type. For the room temperature the inverse current at 75 V is about 10nA for an active surface of 40 mm^2.

Literatura

1. Sze, S.M., "Physics of Semiconductor Devices", Wiley, New York, 1969.

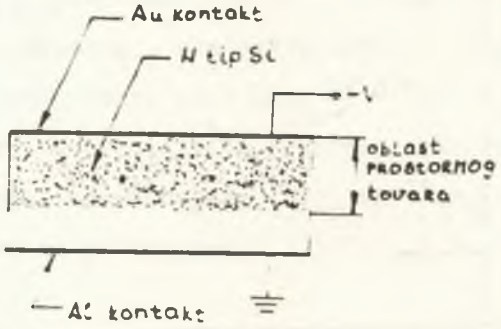
2. M.S.Stojanović, "p-Si detectors for alpha particles" Contributions to the 7th Meeting of Yugoslav Nuclear and Particle Phxicists, Volume 13 Supplement 2 Herceg Novi 25-27 Novembar 1981.

3. Rex C.Trammell, IEEE Trans. on Nucl.Sci. 1978, Vol. NS-25, No.2,

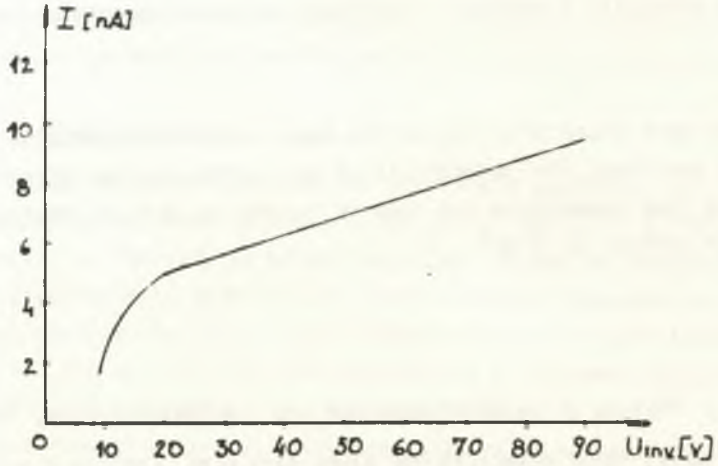
4. Turner, M.J., and Rhoderick, E.H., Solid State Eelectron. 11, 291, 1967

5. Charlson, E.J., and Lien, J.C., J.Appl. Phys. 46, 3982, 1975.

6. Smith, B.L. and Rhoderick, E.H., Solid State Electron, 14, 71, 1970.



Sl.1. Šematski prikaz inverznc polarisanog
Si PPD sa površinskom barijerom.



Sl.2. U-I karakteristika PPD

Sl. 3. Spektar šuma merne sonde i ^{99m}Tc

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. junij 1985

Južnič K., Kobal I., Korun M.
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

DOLOČANJE ^{14}C V PLINASTIH VZORCIH

Izvleček Razvita je bila metoda določevanja ^{14}C v plinastih vzorcih. V plinu, ki vsebuje $^{14}CH_4$ in $^{14}CO_2$, se metan najprej v posebni aparaturi sežge do ogljikovega dioksida, nato pa se ta absorbira v raztopini natrijevega hidroksida. Iz raztopine se obori karbonat kot $CaCO_3$. Ta se razkroji s fosforno kislino in v posebni aparaturi se CO_2 kvantitativno prenese v raztopino etanolamina. Etanolaminu v etilen glikol monometil etru dodamo scintilatorja in izmerimo aktivnost.

Uvod

^{14}C v plinih, kjer lahko nastopa v različnih kemijskih oblikah kot n.p. $^{14}CO_2$ ali $^{14}CH_4$, lahko merimo s proporcionalnim števcem. Sistem pa ima različne slabosti kot n.p. majhno občutljivost metode, slabo selektivnost, saj tako izmerimo celokupno aktivnost vseh izotopov, ki nastopajo v plinski fazi ([1]). Zaradi navedenih slabosti je kasneje narastlo zanimanje za tekočinsko merjenje aktivnosti ^{14}C, ki pa zahteva odstranitev ^{14}C iz plina in prenos tega v tekočino, ki omogoča tekočinsko štetje. Za fiksiranje CO_2 v organski raztopini se uporabljajo naslednji amini:- hiamin hidroksid, primen,etanolamin in beta-fenil etil amin ([2,3,4]).

Namen našega dela je bil razviti preprosto metodo določevanja ^{14}C v plinastih vzorcih, ki vsebujejo $^{14}CO_2$ in $^{14}CH_4$, ki bi bila selektivna, zanesljiva in občutljiva.

Naprava za jemanje vzorcev

Naprava je shematsko prikazana na sliki 1. Zrak, ki vsebuje $^{14}CH_4$ in $^{14}CO_2$ gre skozi cev A v kateri se na žareči spirali metan sežge do CO_2. Zrak nato pasira dve stekleni izpiralki napolnjeni z

raztopino 0,1 M NaOH. Iz razmerja vsebnosti ^{14}C v izpiralkah je možna določitev izkoristka vzorčevalne naprave.

Postopek določitve C-14

Raztopino, ki vsebuje $^{14}CO_3^=$ razredčimo in dodamo 5 ml raztopine Na_2CO_3(3 g Na_2CO_3/100 ml) dobro premešamo in 5 ml $BaCl_2$ (10 g $BaCl_2.2H_2O$/100 ml). Raztopino pustimo preko noči, da se oborjeni $BaCO_3$ usede. Oborino odgučiramo posušimo in prežarimo pri 500°C. Stehtano in uprašeno oborino prenesemo v kiveto aparature na sliki 2. Po razkroju $BaCO_3$ nastali CO_2 prenesemo v raztopino etanolamina s Toeplerjevo črpalko. Raztopini etanolamina dodamo scintilator in izmerimo njeno aktivnost. Aktivnost zraka glede na C-14 izračunoamo po formuli:

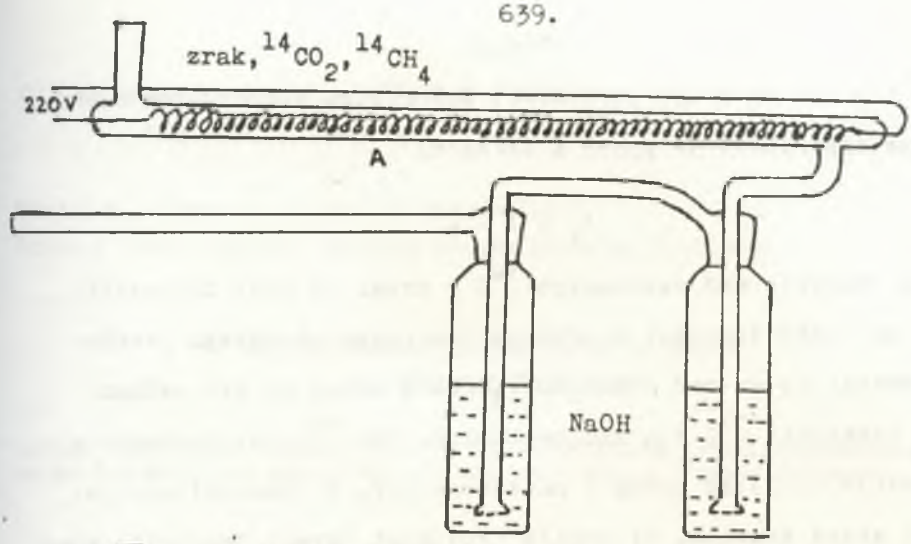
$$A = \frac{A_1 - A_o}{I_v I_š . V . F .}$$

kjer je A aktivnost zraka v Bq/m³, A_1 je aktivnost raztopine etanolamina (imp/min), A_o je ozadje, V je volumen zraka (m³), F je faktor za preračunavo razp/min v Bq, $I_š$ je izkoristek števca, ki znaša 95 %, I_v pa izkoristek vzorčevalne naprave.

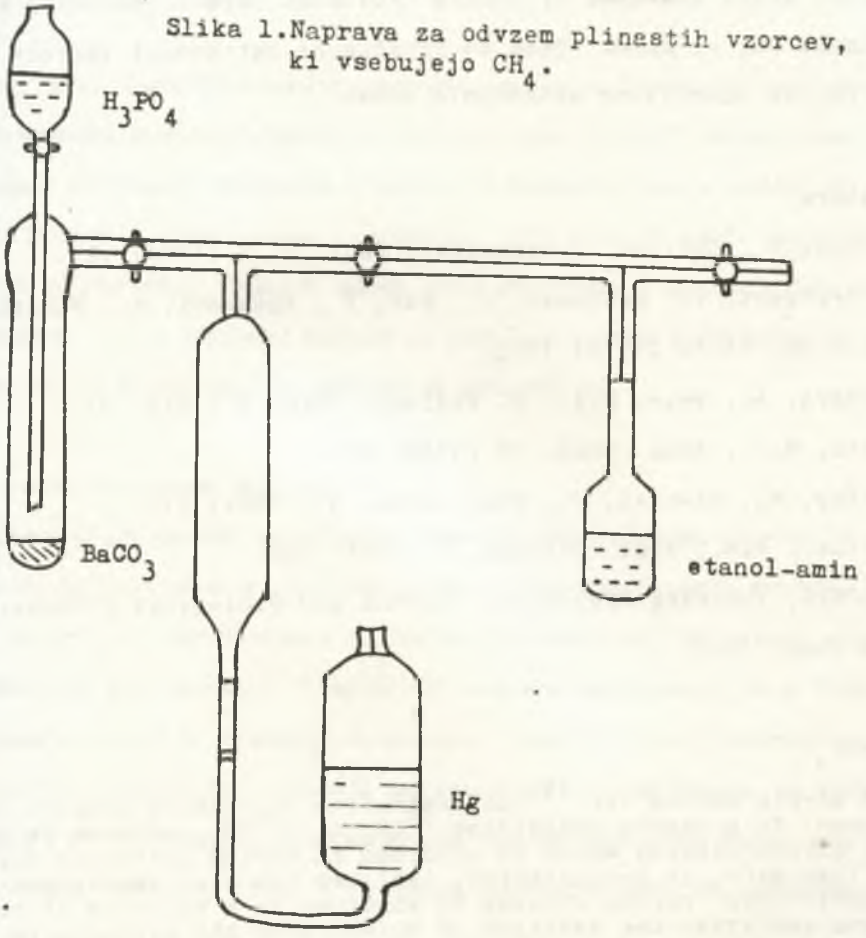
Tabela 1. Rezultati meritev C-14 v plinih prostorov JE Krško

Vzorec	masa CO_2 (mg)	A_1-A_o (imp/min)	A (Bq/mg)	A (kBq/m³)
3B	34,7	1288	0,71	
3A	35,3	3063	1,67	1,5
2A	31,7	20520	12,3	
2B	33	16711	9,7	25,6
1A	33,7	1585	0,9	
1B	27,3	874	0,6	0,85

Nekaj rezultatov meritev C-14 v zraku prostorov JE Krško je podano v Tabeli 1. Vzorci, označeni z A so iz prve izpiralke, vzorci



Slika 1.Naprava za odvzem plinastih vzorcev, ki vsebujejo CH_4.



Slika 2.Naprava za razkroj $BaCO_3$ in prenos CO_2 v raztopino etanol-amina

označeni z B pa iz druge izpiralke. Izkoristek vzorčevalne naprave (za dve izpiralki) je podan z izrazom:

$$I_v = 1 - q^2$$

kjer je q razmerje med vsebnostjo ^{14}C v drugi in prvi izpiralki. Vzorca 2 in 1 sta dobljena s prečrpanjem zraka iz istega vzorčevalnega mesta, le da med črpanjem vzorca 2 metan ni bil sežgan. Razmerje vsebnosti ^{14}C teh vzorcev določa del ^{14}C, ki je vezan v CO_2. Razmerje 0,033 se ujema z navedbo v ref. 6. Napravljena je bila tudi slepa analiza, ki pokaže aktivnost zaradi kemikalij brez prisotnega CO_2 iz plina. Dane so izračunane aktivnosti vzorcev v Bq/mg CO_2. in specifične aktivnosti zraka.

Literatura

1. Povinec,P., Radioch. Radioanalyt. Lett. 9, 2 (1972) 127.

1a. Horkowski, T., Grabczak, J., Kuc, T., Rožanski, K., Nukleonika 20, 11-12 (1975) 1053.

2. Stevart, A., Weir, N.A., J. Radioch. Chem 13 (1973) 31.

3. Radin, N.S., Anal. Chem. 30 (1958) 926.

4. Jeffay, H., Alverez, J., Anal. Chem. 33 (1961) 612.

5. Woeller, F.H., Anal. Biochem. 2 (1961) 508.

6. UNSCEAR, Ionizing Radiation, Sources and Biological Effects, UN, New York, 1982.

Abstract

A simple method for ^{14}C determination in gaseous samples was developed. In a sample containing $^{14}CH_4$ and $^{14}CO_2$, methane is burned to carbon dioxide which is absorbed in sodium hydroxide solution. Then $BaCo_3$ is precipitated, isolated and next decomposed by phosphoric acid. Carbon dioxide is absorbed in a solution of ethanolamine and after the addition of scintilator the activity is measured by a liquid scintilation counter.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. junij 1985

Mihelič M., Rupnik Z., Satalić P., Miklavžič U.
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana

MIKRORAČUNARSKI TL ANALIZATOR IJS MR-200 KAO RUTINSKI ČITAČ DOZA

Sažetak Opisane su mogućnosti novog mikroračunarskog termoluminescentnog analizatora IJS MR-200 sa stanovišta rutinske upotrebe za čitanje dozimetara.

Uvod

Novi mikroračunarski termoluminescentni analizator IJS MR-200 koncipiran je kao višenamenska aparatura pogodna za laboratorijski rad sa TL materialima kao i za rutinsko očitavanje dozimetara u rasponu od vrednosti doza u okolini do akcidentnih. Mikroračunarska podrška instrumenta, pored više ili manje uobičajenih rutinskih knjigovodskih funkcija takođe bitno poboljšava i uprošćuje rutinsko čitanje doza. U ovoj zabeleški opisane su neke funkcionalne karakteristike TL analizatora IJS MR-200 koje su značajne za rutinski rad.

Glavna automatska oprema analizatora

Jedna od automatskih upravljačkih funkcija mikroračunara, koja bitno utiče na reproducibilnost merenja, je upravljanje procesom zagrijavanja grijača. Vremenski tok grijanja određuje sa 8 digitalnih parametara koji se upisuju u memoriji. Memorija može pohraniti 7 različitih programa zagrijavanja, koje je po želji moguće pozvati i upotrebiti za merenje. U zagrevnom ciklu mikroračunar tekuće (on-line) kontroliše i upravlja zagrijavanjem i ne dozvoljava, da stvarna temperatura grijača otstupi od programirane. Ako se pojavi otstupanje veće od neke propisane vrednosti (n.pr. $5^{o}C$) računar ispisom na monitoru upozorava operatera na grešku.

Sledeće dve funkcije koje se automatski obave kod svakog mernog cikla a bitne su za stabilan rad i linearnost analizatora obuhvaćuju kontrolu i digi-

talno podešavanje pojačanja sistema pomoću termostatiranog referentnog svetla LED-a (light emitting diode), i određivanje nultog signala. Automatski preklop mernog područja (autorange) proširuje linearni opseg merača preko 6 dekada veličine signala. Operater ima mogućnost da na ekranu kontroliše sve parametre značajne za spomenute automatske funkcije i da u svakom trenutku prati stvarnu temperaturu grijača. To je u stvari vanjska kontrola ispravnosti rada računara, koja na sam rad ne utiće. U slučaju da se parametri promene izvan dopuštenih granica, računar ispisuje posebna upozorenja i prekida mogućnost daljeg merenja.

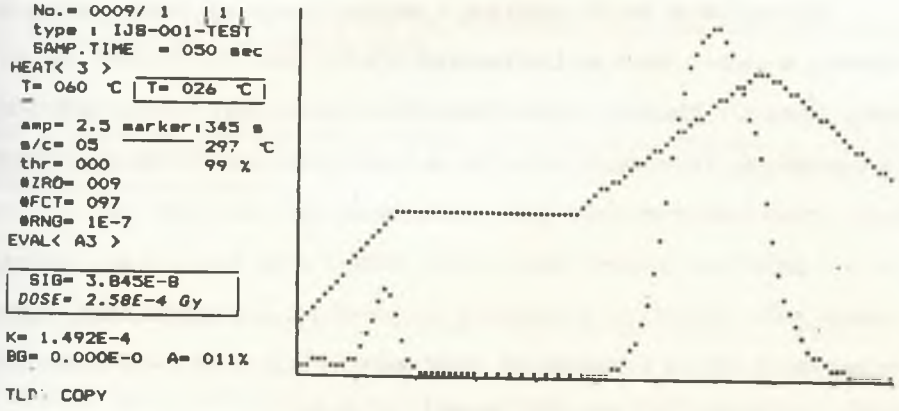
Posle završetka merenja na ekranu monitora ispisuje se vrednost signala odnosno doze v Gy i iscrtava graf krive isijavanja i temperaturnog toka. Anomalni oblik krive isijavanja može i kod rutinskog rada poslužiti za indikaciju defektnog dozimetra. Zbog toga se posle svakog merenja podešava raspon y-skale grafa automatski prema visini krive isijavanja - a moguće ga je i individualno prirediti.

Programska oprema analizatora je prilagođena korisniku, što znači da nas računar diagnostički ispisom na ekranu upozorava na eventualnu grešku (ca 30 vrsta ispisa), po potrebi sprećava start neispravnog merenja i daje instrukcije. Neke greške mogu biti prouzrokovane prebrzim manipulacijama za vreme rutine, pa je zbog toga ugradeni sistem interlocka veoma korisan, naročito kod neobučenog operatera.

Za evaluaciju signala krive isijavanja, pored klasične integracije krive između fiksnih temperatura, na raspoloženju su još tri tipa integracije sa pomičnim granicama kao i određivanje vrha krive isijavanja. U memoriji moguće je pohraniti 15 različitih evaluacionih programa prilagođenih određenom tipu dozimetara. Posle merenja krive isijavanja po pozvanom programu zagrejavanja, kriva se pohranjuje u memoriji pa ju je moguće zbog optimizacije evaluirati i sa više evaluacionih programa. Evaluirana vrednost ispisuje se kao "signal", a pomoću kalibracionih konstanata koje su unešene u računar, ujedno se dobija i izračun apsorbovane doze u Gy.

Da bi se omogućio jednostavan prelaz sa jednog tipa dozimetra na drugog,

IJS
I L D system
M R 200



DATE: 2-12-02 TIME: 13:19:03

R E P O R T

DATE: 2-05-03 TIME: 12:49:0

ID	NAME	Dose [Gy] MEASURED	TOTAL	MAX. MEASURED
1000	Ivanšek Ivan	4.97E-4	4.97E-4	4.97E-4
1050	Janežič Janez	4.68E-4	4.68E-4	4.68E-4
1100	Slavec Slavko	2.31E-2	2.31E-2	2.31E-2
1150	Tomšič Tone	1.83E-2	1.83E-2	1.83E-2
1200	Lenjšek Lado	2.49E-2	2.49E-2	2.49E-2

Primer računanja utežene doze.
WD=(A/100)*D0(1)+(1-A/100)*D0(2)

0007/ 1	2	-	-		3.88E-4
0007/ 2	2	-	-		3.88E-4
0007		3200	Tratnik Franc		3.88E-4
0008/ 1	2	-	-		1.91E-2
0008/ 2	2	-	-		3.88E-4
0008		3300	Smrekar Alojz		5.07E-3

Slika 1 Prikaz rezultata na TV monitoru i dva primera ispiska izveštaja

analizator poseduje 9 funkcijskih tipki, za svaku od kojih moguće je vezati neku kombinaciju zagrevnog i evaluacionog programa te ostalih mernih parametara. Jednostavnim pritiskom na funkcijsku tipku aparatura prelazi na određenu kombinaciju i spremna je za merenje po toj kombinaciji. Svi pohranjeni podaci ostaju u memoriji i u slučaju da je aparatura isključena.

Pohranjivanje mernih podataka u datoteci omogućuje magnetska kaseta ili disketa, a ispis ujedno sa iscrtavanjem grafova matrični printer. Ako su na kasetnu traku ili disketu unešeni identifikacioni brojevi i lični podaci korisnika dozimetara, ti se mogu koristiti za ispis poimenskog izveštaja o izmerenoj dozi, integralno primljenoj dozi i maksimalno izmerenoj dozi (sl. 1). U slučaju da je u pojedinom dozimeterskom okviru (badge) više dozimeterskih tableta, analizator može ispisati i jednostavnu ili ponderiranu prosečnu dozu. Kontrola rednog broja okvira i tablete za vreme merenja moguća je preko automatskog brojila, koji prikazuje redni broj merenja na ekranu.

Zaključak

Visemesečno testiranje IJS MR-200 TL analizatora pokazalo je opravdanost koncepta tako u pogledu performansi instrumenta, koje daleko prevazilaze klasične čitaće, kao i u pogledu praktičnosti i lakog obučavanja operatera. Neke mogućnosti analizatora još su ostale neistražene, a neke su već dale praktičke rezultate. U pogledu uvođenja dodatnih individualnih programa za rutinski rad i identifikaciju dozimetara sa bar-codom postoji mnogo mogućnosti proširivanja sistema što je dodatna prednost mikroračunara.

Abstract

Possibilities of the new mycrocomputer controlled IJS MR-200 thermoluminescent analyser are described from the point of view of routine dosereadings.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Trajković M. i Ubović Ž.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

SEMIKVANTITATIVNA METODA ZA KONTROLU STEPENA KONTAMINACIJE RADNIH POVRŠINA TRICIJUMOM

Sažetak: Postavljena metoda je semikvantitativna, jednostavna i brza i može da posluži za procenu stepena kontaminacije tricijumom radnih površina, korišćenog pribora i opreme, kao i drugih površina radne sredine.

Uvod

Imajući u vidu sadašnje brojne mogućnosti primene, rada i kontakta sa tricijumom i jedinjenjima obeleženim njime, aktivnosti sa kojima se u navedenim uslovima dolazi u profesionalni kontakt, kao i njegovu izrazitu volatilnost, neophodno je sprovodjenje adekvatnog radijaciono-higijenskog i zdravstvenog nadzora eksponiranog personala.

U okviru obaveznih oblika radijaciono-higijenskog nadzora spada i sprovodjenje kontrole stepena kontaminacije radnih površina, korišćenog pribora i opreme, kao i drugih površina radne sredine.

U literaturi se za registrovanje stepena kontaminacije radnih površina tricijumom koriste gasni proporcionalni brojači (1,2), papirna hromatografija (3) i tečni scintilacioni brojači (4,5). Bris sa radnih površina skida se mehaničkim utrljavanjem filter papira. W.R. Balkwell (4) koristi filter papir nakvašen gli lom i etil glikolom da poveća frakciju uklanjanja površinskog aktiviteta, a uzorke direktno stavlja u tečni scintilator i meri.

Materijal i metoda

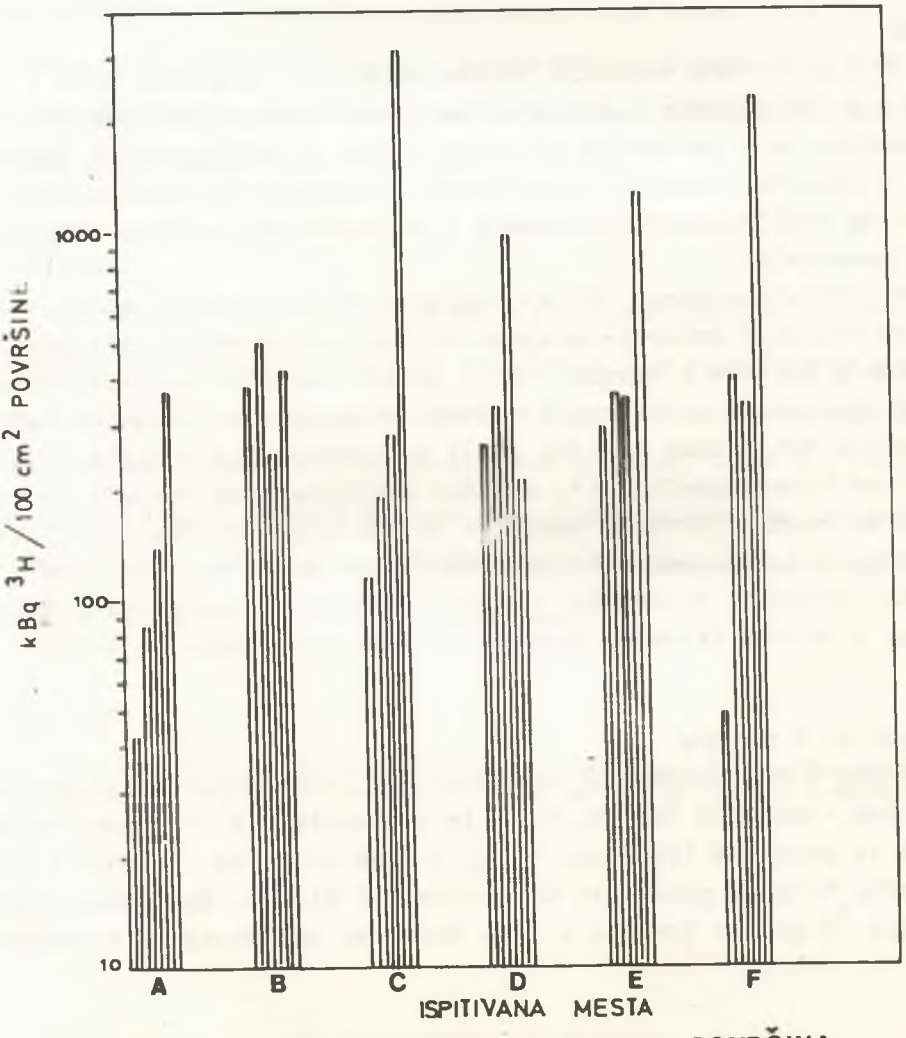
Postavljena metoda je jednostavna i brza: kvantitativnim filter papirom, veličine 3x3 cm, koji je impregniran glicerolom, uzima se bris sa površine 10x10 cm. Uzeti uzorak brisa se spaljuje u Schönigerovoj boci uz prisustvo kiseonika i 5 ml H_2O. Naknadnim zagrevanjem ^3H gas se prevodi u HTO. Zatim se odgovarajuća zapremina

uzorka HTO pomeša sa tečnim scintilatorom i meri u tečnom scintilacionom brojaču u kanalu za tricijum. Računskim putem se dobija ukupna aktivnost (u Bq) koja je brisom skinuta sa ispitivane površine. Prinos metode iznosi 98%.

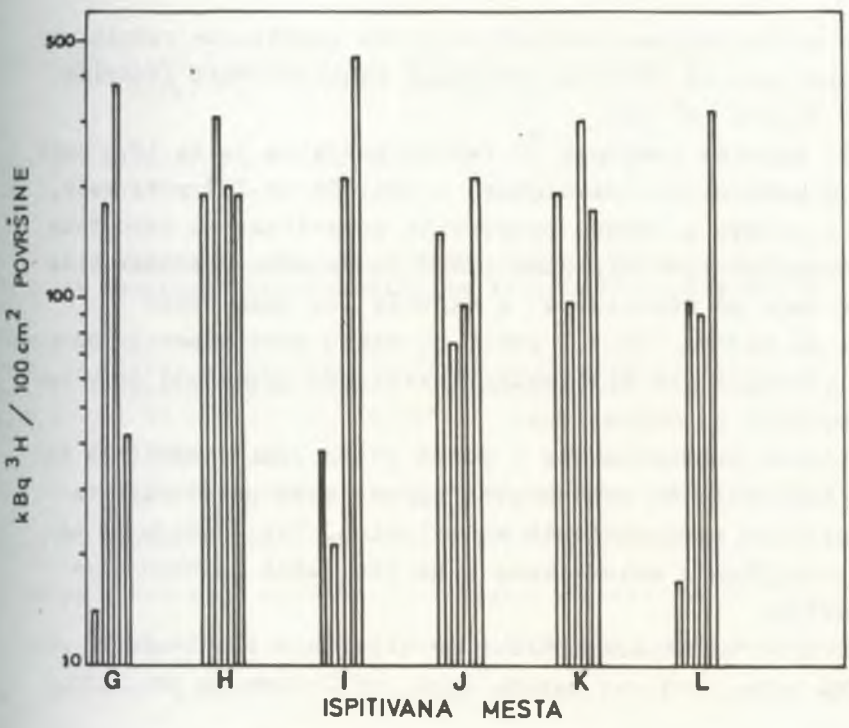
Rezultati i diskusija

Brisevi su uzimani sa različitih mesta u radnim prostorijama jednog industrijskog pogona gde se kontinuirano nanosi radioaktivna boja.

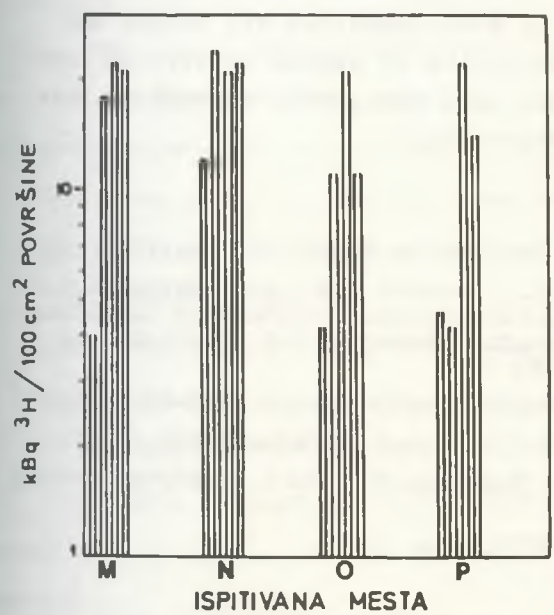
Vrednosti od četiri kontrole, vršene u višemesečnim razmacima, date su na Sl. 1-3. One ukazuju na prisustvo značajnije kontaminacije tricijumom u svim merenim površinama.



Sl. 1. AKTIVNOST BRISEVA SA RADNIH POVRŠINA



SI.2. AKTIVNOST BRISEVA SA PODA



SI.3. AKTIVNOST BRISEVA SA ZIDOVA

Brisevi su uzimani uvek pre dekontaminacije radnih prostorija. Najveća kontaminacija radnih površina konstatovana je pri povećanom tempu rada (rad u produženom radnom vremenu). Istovremeno kod svih kontrolisanih radnika bila je prisutna unutrašnja kontaminacija tricijumom različitog intenziteta. Detekcija i procena interne kontaminacije praćena je preko uzoraka urina. Ukupne individualne godišnje doze radnika bile su u opsegu od 14 - 160 mSv.

Maksimalno dozvoljena kontaminacija na površinama radnih mesta, u sredini gde se radi sa otvorenim radioaktivnim izvorima, iznosi 4000 Bq/100 cm^2 (6).

Na Sl.1. najniža vrednost ^3H radnih površina je za 10,5 puta bila veća od maksimalno dozvoljene, a najviša za 779 puta veća.

Površine podova u radnoj prostoriji pokazivale su isto tako značajnu kontaminaciju tricijuma (Sl.2.). Najniža vrednost bila je 3,5 puta veća od dozvoljene, a najviša 112 puta veća.

Brisevi sa zidova (Sl.3.) imali su manju kontaminaciju od prethodnih površina, od maksimalno dozvoljene vrednosti do 6 puta veće vrednosti od dozvoljene.

Ovako visoka kontaminacija i pored primenjenih tehničkih mera zaštite proističe od neadekvatno opremljenih prostorija za rad sa volatilnim radioaktivnim materijalom. Ona ukazuje na neophodnost poboljšanja uslova rada i na što češće sprovodjenje dekontaminacije.

Ceo postupak od uzimanja brisa do dobijanja rezultata traje manje od tri sata, što ovu metodu čini prikladnom za praktičnu primenu.

Abstract

The method presented is semi-quantitative, simple and quick, and can be used for evaluation of degree of tritium contamination of working surfaces, used equipment, as well as the other surfaces of working environment.

Literatura

1. Block,S.,Hodgekins,D. and Barlow,O.: Report-UCRL-51131 (1971)
2. Balonov,M.I., Dolguirev,E.I., Karasik,A.S. and Prokopiev,O.N: Proceedings of the Third International Congress of the International Radiological Protection Association, published as Report CONF 730907-P2,(1973)
3. Prydz,S.: International Atomic Energy Agency,INIS-MF-262(1971)
4. Balkwell,W.R. and Kubose,D.A.: Report USNRDL-TR-890,(1965)
5. Muramatsu,M., Koyano,A.and Tokunaga,N.: Nucl. Instrum. Methods 54,(1967),325
6. Službeni list SFRJ, 32 (1979), str. 1055.

XIII JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ O ZAŠČITI PRED SEVANJEM
Pula, 10. - 13. junija 1985

Likar A., Martinčič R., Miklavžič U., Pucelj B.
Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja, Ljubljana

MOBILNI MIKRORAČUNALNIŠKI SISTEM ZA MERJENJE IN OBDELAVO METEOROLOŠKIH IN RADIOLOŠKIH PARAMETROV

Izvleček
Opisan je razvoj mikroračunalniškega prenosnega sistema za sledenje in obdelavo relevantnih parametrov pri nadzoru jedrskih objektov ali ob radiološki nesreči.

V okviru Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) so dopolnili meteorološko postajo Instituta "Jožef Stefan" tako, da je sposobna promptno slediti in ocenjevati radiološko situacijo.

V ta namen sta bila na sistem priključena dva GM detektorja ter izdelana ustrezna programska oprema, ki olajša obdelavo terenskih meritev in je v pomoč pri odločitvah v primeru ekološke nesreče. Celoten sistem je vgrajen v vozilo ELME z lastnim energijskim napajanjem, kar omogoča kontinuirano delovanje med vožnjo, kot tudi terenske meritve v okolici vozila. Detektorja pokrivata območje hitrosti doz od 0.1 μSv/h do 0.5 Sv/h z avtomatskim preklopom in opozorilnim alarmom.

Programski paket je izdelan tako, da omogoča sprotno:

- pripravo meteoroloških parametrov, ki jih rabimo pri analizi radiološke situacije,
- oceno atmosferske disperzije (Pasquill-Gifford) ter
- identifikacijo izotopov in računanje specifične aktivnosti iz meritev VL spektrometra.

Podrobnosti sistema bodo predstavljene v posterski sekciji simpozija.

Abstract
Portable microcomputer based system for on line monitoring of relevant radiological parameters in environment is presented. The system was developed at Jozef Stefan Institute in conection with Ecological laboratory with Mobile Unit.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juna 1985.

I. Bikit, M. Veskovič, L. Marinkov

Institut za fiziku PMF-a, Novi Sad

PRIMENA POLUPROVODNIČKIH GAMA SPEKTROMETARA ZA KONTROLU RADIOAKTIVNOG ZAGADJENJA PRORODE

U radu je sugerisana primena poluprovodničkih gama spektrometara za merenje aktivnosti prirodnoh uzoraka. Da bi se to moglo ostvariti mora biti poznata efikasnost detektora i upotrebljena niskofonska zaštita. Opisani su principi i detalji konstrukcije niskofonske zaštite za poluprovodnički gama detektor i sugerisan jednostavan eksperimentalni metod odredjivanja efikasnosti za uzorke velike zapremine.

Sve masovnija upotreba radioaktivnih izotopa u industriji i medicini, kao i sve brži razvoj nuklearne energetike povećava opasnost od radioaktivnog zagadjenja prirode. Pošto donji prag štetnog dejstva jonizujučeg zračenja na žive organizme ne postoji, neophodno je da se i najmanje promene aktivnosti radioizotopa u prirodi blagovremeno registruju. Ovakve promene mogu se detektovati samo pomoću izuzetno osetljivih mernih instrumenata, pa se u novije vreme za merenje aktivnosti radionuklida u prirodnim uzorcima sve više koristi visokorezoluciona gama spektrometrija koja omogućuje istovremenu identifikaciju i kvantitativno odredjivanje svih gama emitera. Merenja ovakve vrste zahtevaju dobro poznavanje efikasnosti detektora za uzorke velike zapremine i adekvatnu zaštitu detektora od zračenja okoline.

Radi kontrole radioaktivnih zagadjivača, na Institutu za fiziku u Novom Sadu izradjena je niskofonska zaštita za Ge(Li) gama spektrometar, koja treba da omogući kvalitetno rutinsko merenje uzoraka velike zapremine. Kao najpogodniji izolacioni materijal izabrano je gvoždje izliveno pre drugog svetskog rata, pa je komora izgradjena od gvozdenog lima debljine 1 cm. Limene ploče su očišćene od površinske kontaminacije, a potom spajane bez

varenja u komoru oblika kocke debljine zidiva 25 cm i korisne zapremine oko 1 m^3, da bi zaštitna komora mogla bez dodatne adaptacije da primi različite detektore. Planirano je da se izvesni nedostaci ovakvog rešenja (detek' „gleda" na veliku površinu komore, aktivnost iz Dewarowog suda nije izolovana, zadržavanje radona u komori) eliminišu dodatkom aktivne antikoincidentne zaštite ili sloja čistog izolacionog materijala oko samog kristala.

Sva merenja performansi komore izvršena su pomoću „Closed and Coaxial" Ge(Li) spektrometra proizvodjača „CANBERRA". Osetljiva zapremina detektora je oko 80 cm^3, efikasnost 13,7%, a moć razlaganja (FWHM) ispod 2 keV.

U ovakvoj konfiguraciji u energetskom intervalu od 0,023-2,7 MeV, koji je od praktičnog interesa, detektor ima ukupni odbroj 1,060±0,002 imp/s, a korišćenjem dodatne zaštite kristala olovnim cilindrom odbroj je smanjen na 0,717±0,002 imp/s.

Ovako niska vrednost fona u komori omogućuje odredjivanje veoma niskih aktivnosti, a na osnovu toga praćenje koncentracije fisionih i korozionih produkata koji se mogu javiti kao zagadjivači od nuklearnih elektrana. Tako na primer minimalne aktivnosti pojedinih izotopa koje se mogu odrediti mereći 100 ks su: 0,19 Bq za ^{144}Ce, 0,06 Bq za ^{137}Cs, 0,06 Bq za ^{60}Co...

Teorijsko odredjivanje krive efikasnosti $\varepsilon = \varepsilon(E,V)$ poluprovodničkih gama spektrometara za uzorke velike zapremine je složen matematički problem koji se može rešiti samo aproksimativno Monte Carlo metodom ili numeričkom integracijom. Medjutim ovi proračuni nemaju univerzalni karakter, već zavise od oblika i vrste detektora, geometrijske postavke merenja i vrste materijala radioaktivnog izvora, pa je mnogo jednostavnije odrediti efikasnost detekcije eksperimentalno.

Zbog samoapsorpcije zračenja unutar izvora efikasnot detekcije se ne može izraziti kao proizvod energetski nezavisnog geometrijskog faktora, unutrašnje efikasnosti i faktora apsorpcije, ali ako se kalibracija efikasnosti detektora i merenje uzorka vrši u istoj geometrijskoj postavci efikasnost

se može definisati kao:

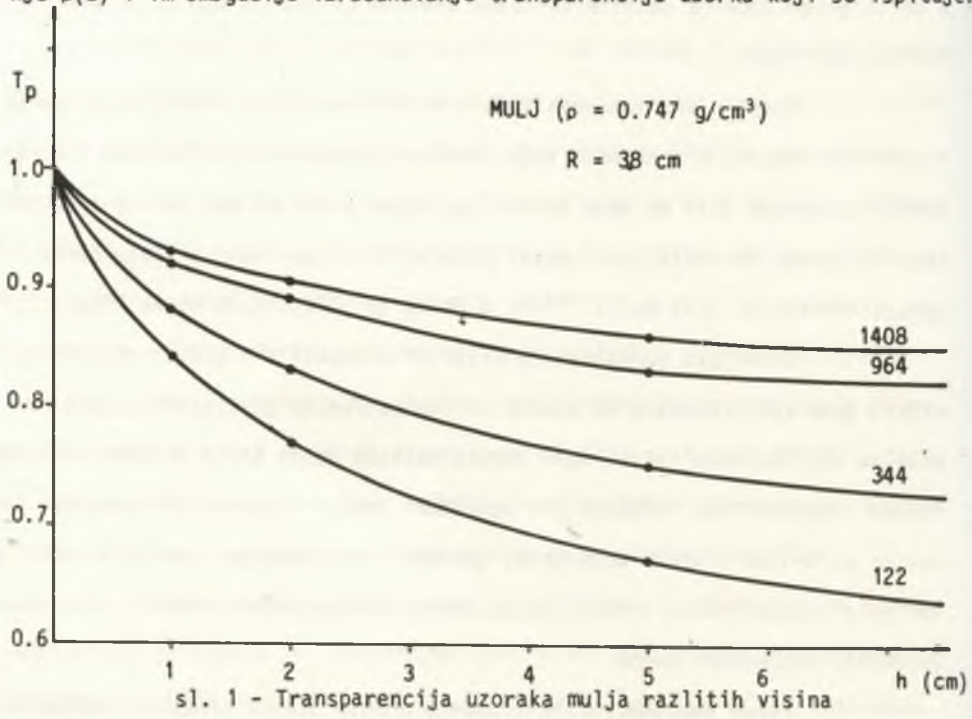
$$\varepsilon(E) = \frac{R(E)}{T_p(E)p_\gamma(E)A}$$

R(E) - izmereni odbroj u jedinici vremena

$T_p(E)$ - transparencija izvora

$p_\gamma(E)A$ - broj emitovanih gama zraka energije E u jedinici vremena

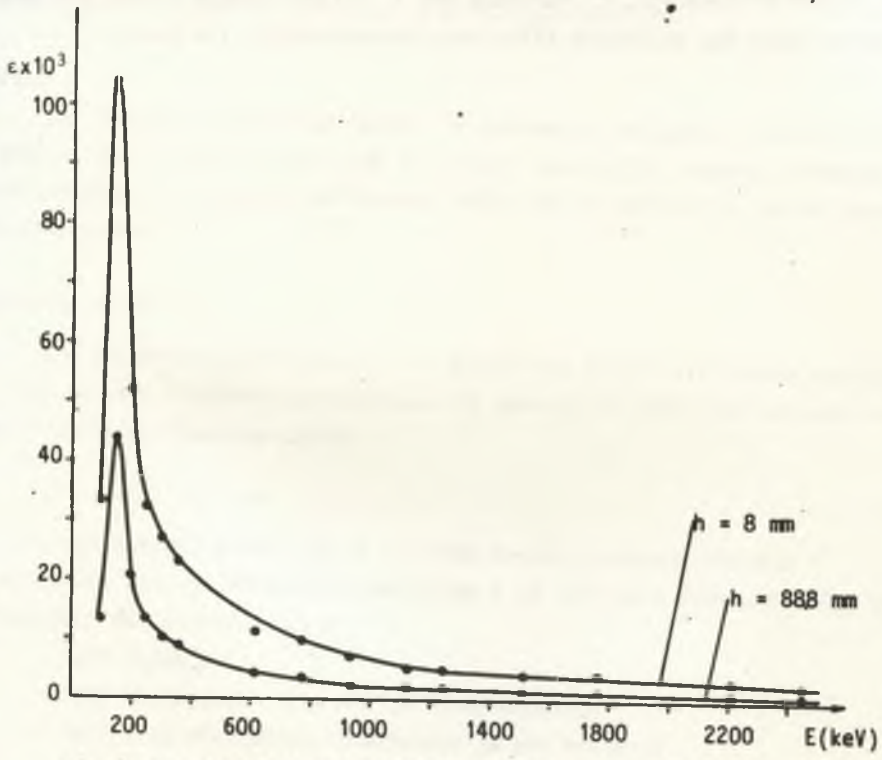
Za cilindrične izvore transparencija se može odrediti kao $T_p(E) = \exp(-\mu(E)\cdot lm)$, gde je $\mu(E)$ linearni atenuacioni koeficijenat, a lm srednja slobodna putanja fotona koja se može odrediti za cilindrične izvore različitih visina i poluprečnika. Vrednost linearnog atenuacionog koeficijenta za uzorke različite gustine, granulacije i poroznosti najbolje je odrediti eksperimentalno merenjem atenuacije gama zraka iz tačkastog izvora i to kako za kalibracioni izvor tako i za uzorke čija se specifična aktivnost želi izmeriti. Poznavanje $\mu(E)$ i lm omogućije izračunavanje transparencije uzorka koji se ispituje.



sl. 1 - Transparencija uzoraka mulja razlitih visina

Da bismo odredili krivu efikasnosti Ge(Li) detektora izvršena su merenja aktivnosti fosfata koji sadrži malu količinu urana. Na osnovu merenja

pod istim geometrijskim uslovima, relativno u odnosu na „AMERSHAM" QCY-44 multiizotopni izvor, odredjen je sadržaj urana u fosfatu na 119±8 ppm. U energetskoj oblasti 200-2500 keV odredjen je intenzitet 12 gama linija za koje su poznati relativni intenziteti sa greškom od oko 2%. Merenjem pomoću tačkastog izvora $^{152,154}Eu$ odredjen je $\mu(E)$, $T_p(E)$ fosfata, a na osnovu toga kriva efikasnosti detektora za cilindrične izvore različitih visina sa ukupnom greškom od oko 10% (od čega 8% potiče od greške u aktivnosti fosfata).



sl. 2 Kriva efikasnosti Ge(Li) detektora za cilindrične izvore

Kvalitet navedene procedure proveren je odredjivanjem specifične aktivnosti ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{137}Cs i ^{40}K u uzorcima mulja različitih visina. Dobijene vrednosti specifične aktivnosti imaju standardnu devijaciju od oko 10%.

Application of the semiconductor gamma spectrometer for the measurements of the activity of environmental samples is suggested. For this purpose the efficiency of the detector must be known and the low-level shielding used. The construction principles and the detailes of the low-level shielding for the gamma detectors are described. Simple experimental method for the determination of efficiency for the bulk samples are suggested.

LITERATURA

1. I. Bikit, L. Marinkov, M. Vesković: Niskošumna zaštita za poluprovodnički gama spektrometar, XXVIII ETAN VI, 51

2. S.N. Kaplanis: On the Photofraction Correction for Volumunous Sources and the Mean Photon Path, Int. J. Appl. Radiat. Isot. 33 (1982) 605

3. I. Bikit, M. Vesković, L. Marinkov and J. Slivka: Simple Method for Bulk Source Gamma Ray Detection Efficiency Determination, (in press)

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Šmelcerović M.
Radosavljević Z.
Stojanović M.P.

IZRAČUNAVANJE EFIKASNOSTI DETEKCIJE STATISTIČKOM MEDOTOM

Sadržaj

Dat je opis statističke metode izračunavanja efikasnosti detekcije koja se može primeniti za slučajeve gde ne postoji analitičko rešenje. Primenom ove metode moguće je izračunati efikasnost detekcije za proizvoljan oblik detektora i izvora zračenja.

Efikasnost detekcije

Kod odredjivanja aktivnosti ili specifične aktivnosti izvora postoje dva tipa merenja. Najčešće primenjivan tip merenja je relativno merenje, pri čemu je aktivnost merenog uzorka

$$A = kR \qquad (1)$$

gde je k - efikasnost detekcije, R - brzina brojanja mernog uredjaja i A - aktivnost uzorka. Efikasnost detekcije k je konstanta samo u slučaju kada su ispunjeni svi sledeći uslovi:

- isti detektor
- isto rastojanje i geometrija izvor-detektor
- isti nivo energetske diskriminacije pri brojanju
- isti nosač aktivnosti izvora zračenja
- iste dimenzije izvora zračenja
- isti izotop kao izvor aktivnosti.

Jasno je da je vrlo teško ispuniti sve ove uslove te se i u relativnim merenjima pojavljuju veće ili manje greške. U većini laboratorija ne postoji etalon za svaki izvor za koji se vrše merenja što povećava grešku merenja, jer je efikasnost često vrlo zavisna od oblika spektra. Realni izvori zračenja se najčešće razlikuju po dimenzijama od etalona, a često imaju i različite noseće aktivnosti. Ovo dovodi do daljeg povećanja greške merenja. Da bi se izvršila korekcija rezultata zbog izmenjenih uslova merenja, efikasnost detekcije se predstavlja

u vidu proizvoda faktora efikasnosti koji se koriguju shodno promeni uslova merenja. Kao primer navodimo merenje α aktivnosti poluprovodničkim detektorom. Ako je površina uzorka, koji se meri, veća od površine etalona potrebno je povećati geometrijski faktor efikasnosti. U jednostavnim slučajevima aksijalno postavljenih detektora i izvora kružnog oblika može se primeniti analitička metoda izračunavanja faktora geometrijske efikasnosti prema radu Peteržak-a |1| gde je efikasnost data u vidu beskonačnog reda.

$$\varepsilon_{gm} = \frac{R_d^2}{2R_i^2}\left[1 - \frac{h}{k} - \frac{3}{8}\frac{hR_i^2R_d^2}{k^5} - \frac{5}{64}\frac{hR_i^2R_d^4}{k^7}\left(3 - \frac{7h^2}{k^2}\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{35hR_i^2R_d^6}{1021k^9}\left(5 - 30\frac{h^2}{k^2} + 33\frac{h^4}{k^4}\right) - \ldots\right] \qquad (2)$$

sa oznakom $k = \sqrt{h^2 + R_d^2}$

Medjutim, za svaki drugi oblik detektora ili izvora zračenja ne postoji analitičko rešenje, te je potrebno primeniti neku od metoda numeričkog izračunavanja. Samoapsorbcija zračenja u izvoru menja se zavisno od debljine izvora, te ako nema računskih metoda, neophodno je izvršiti niz merenja sa etalonim rastvorima i eksperimentalno odrediti samoapsorbciju |2,3|. Ovaj postupak je mukotrpan i delimićan, tako da ga ne mogu svi izvesti. Zato je korisno imati razvijen model interakcije β zračenja sa materijalom čijom je primenom moguće izračunati faktor korekcije za samoapsorbciju zračenja. Isti se problem pojavljuje kod odredjivanja zračenja rasejanog od podloge izvora. Pored navedenih grupih efekata postoji i čitav niz finih efekata, kao npr. pomeranje pika "PILE-UP" efekta u detektorskom sistemu zbog promene brzine brojanja pri promeni merene aktivnosti, zatim zbog promene mrtvog vremena koje se nedovoljno tačno koriguje primenom poznatih izraza. Ako se relativno merenje vrši uz primenu etalona drugog radioizotopa jasno je da će doći do vrlo velikih promena u faktoru efikasnosti detekcije zbog promene efikasnosti detektora. Ovde je praktično jedino rešenje korigovanje efikasnosti detekcije nalaženjem odzivne funkcije detektora za izotop koji se meri, a to je moguće uraditi jedino primenom izračunavanja odzivne funkcije po metodi Monte Karlo a na bazi kvalitetnih modela interakcije zračenja sa materijalom. |4,5|

Primena metode Monte Karlo za izračunavanje faktora geometrijske efikasnosti

U cilju prikazivanja mogučnosti primene statističkih metoda izračunavanja (Monte Karlo) izračunat je koeficijent geometriske efikasnosti za slučaj detektora i izvora zračenja kružnog oblika koji se nalazi na rastojanju h. Na slici je prikazana zavisnost efikasnosti od rastojanja izračunata anlitičkom i statističkom metodom.Statistička greška izračunavanja može proizvoljno da se smanji povećanjem broja analiziranih istorija, što danas ne pretstavlja problem jer većina laboratorija poseduje svoje mini računare. Osnova ove statističke metode je u činjenici da je svaka tačka homogenog izvora ravnopravna u verovatnoći emitovane čestice, odnosno fotona.

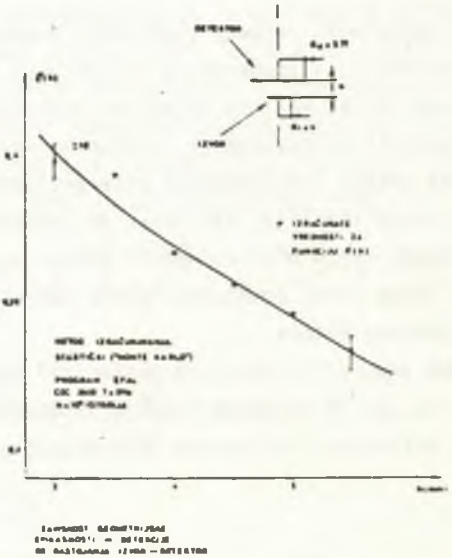
Kako i detektor možemo smatrati u prvoj aproksimaciji jednako efikasnim za detekciju npr. alfa čestica, pa je primenom teorije verovatnoće nad skupom jednako verovatnih dogajaja definisan i algoritam računarskog programa.

Zaključak

Statističke metode izračunavanja uz razvijene modele interakcije zračenja i materijala, omogućavaju izračunavanje faktora efikasnosti detekcije što je neophodno u apsolutnim merenjima, a neosporno povećava tačnost relativnih merenja aktivnosti. Razvijene računarske tehnike i njenom sve širom primenom stvorena je mogućnost široke primene statističke metode izračunavanja.

Abstract

It was given the description of statistic method of calculating the detecting efficiency, which can be applied in cases where analitic solution not exist. With using of this method it is possible to calculate detecting efficiency for unfounded type of detector and radiaton sources.



Literatura

1. Peterżak K.A., Vak M.A.; ZTF, USSR, T25, 636, 1955.

2. D.Paligorić, Dj.Bek-Uzarov i dr., Apsolutna merenja rastvora ^{60}Co, Zbornik materijala sa III Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Banja Luka 23-26 okt. 1967.

3. Dj.Bek-Uzarov, Lj.Dobrilović,K.Burai, Apsolutno merenje radioaktivnosti izotopa koji se raspadaju putem elektronskog zahvata, Zbornik radova sa III Jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Banja Luka 23-26 okt. 1967.

4. M.Šmelcerović, Ž.Radosavljević, M.P.Stojanović, Jedan savremeni model interakcije visokoenergetskih elektrona sa materijalom, XIII Jug. simpozijum zaštite od zračenja, Pula 10-13. juni 1985.

5. M.Šmelcerović, Interakcija elektrona sa tankom metom, IBK 1531, 1981.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Šmelcerović M.
Radosavljević Z.
Stojanović M.P.

FUNKCIJA ODGOVORA Si DETEKTORA NA β ZRAČENJE

Sadržaj

U radu su opisani postupci izračunavanja funkcije odgovora poluprovodničkog Si detektora. Izračunavanja su izvršena za slučaj kada monoenergetsko β zračenje, u obliku uskog snopa, pada normalno na površinu detektora. Ovakva geometrija je usvojena da bi se omogućilo poredjenje rezultata sa eksperimentima i proračunima drugih autora. Opisano je i kako je poredjenje sa eksperimentalnim rezultatima uticalo na izmene modela interakcije koji se primenjuje pri izračunavanju funkcije odgovora.

Funkcija odgovora detektora

Kada se u efikasnoj zapremini detektora deponuje energija zračenja E_i na izlazu iz detektora dobija se količina naelektrisanja srazmerna apsorbovanoj energiji. Pomenuta osobina detektora zračenja važi sa većom ili manjom tačnošću za poluprovodničke detektore, gasne proprocionalne brojače i impulsne jonizacione komore. Kod scintilacionih brojača, po pretvaranju svetlosnog impulsa u električni (primenom fotomultiplikatora), važi isto pravilo.

Ako se signali iz detektora analiziraju po amplitudi (h) može se dobiti funkcija odgovora M(h) detektora za spektar zračenja koji se meri N(E). |15|

Raspodela amplituda signala na izlazu iz detektora M(h) izražava se integralno preko odzivne funkcije mernog sistema R(E,h).

$$M(h) = \int_0^{E_{max}} R(E,h)N(E)dE \qquad 1$$

Kako je amplituda signala na izlazu iz detektora srazmerna energiji apsorbovanoj u detektoru, može se za slučaj monoenergetskog zračenja energije E_0 izračunati funkcija odgovora detektora.

$$R(E_o,h) = \int_0^{E_o} D(E_o,E')G(E',h)dE' \qquad 2$$

gde su: $D(E_o,E')$ - verovatnoća apsorbovanja energije E' u intervalu energije E' do E'+dE'

$G(E',h)$ - verovatnoća da će apsorbovana energija E' dati na izlazu impuls h do h+dh

Pod uslovom da se zanemari šum elektronskog sistema i neki drugi manje značajni efekti,kao na primer balistični deficit signala, može se usvojiti da je $G(E',h)=1$. Na osnovu iznetog sledi da je za nalaženje funkcije odgovora detektora $R(E_o,h)$ dovoljno znati funkciju verovatnoće apsorbovanja energije $D(E_o,E')$ |1,14,16|. Jasno je da je na primer za poluprovodnički detektor pri merenju alfa zračenja $D(E_o,E') = \delta(E_o'-E')$.

Pri merenju β zračenja u slučaju da je debljina efikasne zapremine detektora manja od dometa β čestica funkcija $D(E_o,E')$ je vrlo složena. |10,6,7| Takodje pri merenju γ i x zračenja javljaju se složene funkcije odgovora detektora |11|. U slučaju merenja γ zračenja energija se predaje detektoru u obliku δ elektrona, pa se situacija još komplikuje zbog konačnog dometa elektrona i efekta krajeva detektora.|8,9|

Funkcije odgovora detektora se mogu meriti u "čistim" eksperimentalnim uslovima, na primer izlaganjem detektora akceleratorskom snopu monoenergetskih elektrona. Nije prihvatljivo da se za svaki detektor i polje zračenja koje se meri vrši opisano eksperimentalno odredjivanje funkcije odgovora, pa je potrebno naći mogućnost da se vrši proračun funkcije odgovora detektora.

Znači ukratko, treba napraviti model interakcije elektrona sa materijalom, napraviti računarske programe za izračunavanje energije zračenja deponovane u efikasnoj zapremini detektora; kroz par eksperimenata verifikovati model i programe. |16|

Model interakcije zračenja i materijala

Za α zračenje izrada modela interakcije ne predstavlja poseban problem, a kako je i funkcija $D(E_o,E')$, posle korekcije na apsorpciju energije u prozoru brojača, približno jednaka jedinici, moguće je jednostavno izračunavanje funkcije odgovora detektora.

Gama zračenje predaje detektoru energiju preko elektrona koji su dobili energiju u procesu komptonovog rasejanja, fotoelektričnog efekta ili

preko procesa stvaranja parova. Znači energija se predaje detektoru preko elektrona.

Pri interakciji elektrona sa detektorom,proračun deponovanja energije se vrši preko istog modela kao i u slučaju gama zračenja posle predaje energije elektronu.

Za potrebe nalaženja funkcije odgovora detektora razvijen je model interakcije. U modelu su analizirani procesi gubitka energije primarnog elektrona jonizacijom i eksitacijom i to po teoriji grupnog sudara, zatim gubitak energije formiranjem δ elektrona i zakočnim zračenjem |2,3,4,5,12,13| Formirani δ elektroni se dalje tretiraju kao i primarni elektron a fotoni zakočnog zračenja kao primarni γ fotoni, sve do gubitka energije do granice od oko 10 keV-a.

U razvoju modela je zapaženo da je za dobijanje rezultata saglasnih sa eksperimentom neophodno primeniti Goudsmit Sandersonovu |2| ugaonu raspodelu u teoriji grupnog sudara kao i korigovati Landauovu |4| raspodelu za gubitak energije elektrona kroz sloj materijala. Model je bliže opisan u radovima |1,12,16|

Računarski program

Napravljen je vrlo ekonomičan program |1,16| koji za odredjen materijal detektora formira matrice interakcije. Za svaki konkretan detektor i polje zračenja vrši se proračun uz korišćenje već formiranih matrica interakcije. Kao ilustracija neka posluži primer da je za proračun odzivne funkcije Si detektora sa debljinom aktivne zapremine od 1 mm klasičnom metodom programiranja utrošeno 8^h rada računara, za 1000 elektrona energije 1 MeV, dok je primenom programa "Matrice" i "Elbrzi" utrošeno 2^h i 15 min. za izračunavanje 10000 interakcija elektrona.

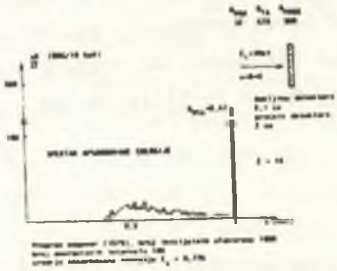
Dobiveni rezultati

Izvršen je niz proračuna za Si detektore različitih karakteristika i za elektrone različitih energija. Na slici je prikazan spektar deponovane energije za elektrone energije 1 MeV koji padaju normalno na površinu prozora Si brojača debljine efikasne zapremine 1 mm. Analiziran je eksperiment sa tankim snopom elektrona radi poredjenja sa radovima drugih autora |10| koji su vršili proračune pod istim uslovima. Razlika u piku totalne apsorpcije, za navedene uslove proračuna, je manja od 10%. Dobro slaganje rezultata izračunavanja prema opisanom modelu interakcije sa eksperimentalnim rezultatima dovodi

do zaključka da je napravljen dobar model interakcije elektrona sa materijalom detektora.

Abstract

In the papers are described the ways of calculating the responce function of semicondacter Si detector. Calculating was made for case when monoenergetic β radiation in the shape of harrow beam, faus normally on the surface of detector. This kind of geometry has adopted to make possible comparing of results with experiments and calculations of other authors. It was also described how the comparing with experimental results influated on changing of interaction model which is applicating in calculating of responce function.



REFERENCES

1. M.Šmelcerović, Electron Interaction with thin target "Internal Report of the Boris Kidrič Institute", IBK-1531, December, 1981.
2. G.A.Goudsmit and J.L.Sanderson, Phys.Rev. 58,1940
3. O.Blanck, S.Leisegang, Zeits, Phys., 128,50,1951
4. L.Landau, J.Phys. USSR,8,201,1944.
5. H.W.Koh and J.W.Motz, Rev. of Mod.Phys.V.31. No 4,1959,pp.920
6. V.V.Baranov and O.A.Pavlovski, Atomnaja Energija,25,317,1968.
7. U.F.Baranov, Dozimetrija Elektronovo izlučenija, Atomizdat, Moskva,1974.
8. A.Akerman at all: Rešenje metodom Monte-Karlo zadač perenosa bistrih elektronov v vešestve, Moskva 1972.
9. R.Ilić, Doctor s Disertation, Belgrade University, 1978.
10. M.J.Berger, S.M.Seltzer - NASA, SP-71, 1965; SP.169, 1968.
11. J.F.Perkins, Phys.Rev. 1926, 1981, 1962.
12. G.Moliere: Z.Naturforsch. 2A, 133, 1947
13. C.Moller C.; Ann. Physik, 14,531,1932
14. M.Šmelcerović, P.Marković
An improved model of electron interaction with maller to be used for calculation of detector's response function
XI Reg. Congr. of IPRA, Vienna sept. 20-24-1983
15. S.Kostić, B.Ćirilov, M.Šmelcerović, Primena Si poluprovodničkog detektora za merenje kompleksnih smeša beta aktivnih izotopa, ETAN, Split 1976.
16. M.Šmelcerović, Ž.Radosavljević, M.P.Stojanović, Jedan savremeni model interakcije visokoenergetskih elektrona sa materijalom, XIII Jug.simpozijum zaštite od zračenja, Pula 10-13. juni 1985.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Veličković D., Mirić I., Kovačević M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
OOUP Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

SREDNJA ENERGIJA I STEPEN HOMOGENOSTI SNOPA X ZRAČENJA IZ DOZIMETRIJSKOG GENERATORA MG 320

Rezime

U etalonskim poljima X zračenja kvalitet snopa je između ostalog određen srednjom energijom i stepenom homogenosti zračenja. U radu su prikazani rezultati dobijeni za dozimetrijski generator MG 320. Merenjem prve poludebljine pomoću bakarnih apsorbera određene su srednje energije snopa, a iz odnosa prve i druge poludebljine dobijena je informacija o stepenu homogenosti snopa. Rezultati merenja su uporedjeni sa vrednostima koje daje ISO standard 4037.

Uvod

Dozimetrijski generator X zračenja MG,320 sa priborom /1/ namenjen je za ispitivanje i kalibraciju dozimetrijske instrumentacije u zaštiti od zračenja i primeni jonizujućeg zračenja u medicini i industriji. Generator proizvodi X zračenje u keramičko-metalnoj cevi MC 321 sa Be prozorom od 2,2 mm. Radni napon na cevi može kontinuirano da se menja od 30 kV do 320 kV, a jačina struje u cevi pod normalnim uslovima rada nije veća od 18 mA.

Za ispitivanje i kalibraciju dozimetrijske instrumentacije potrebno je imati kvalitetan snop X zračenja. Kvalitet snopa određuju, između ostalog, srednja energija i stepen energetske homogenosti snopa. Oni se određuju direktnim merenjem spektra ili merenjem poludebljine Cu- ili Al-apsorberima. Merenjem prve poludebljine određuje se srednja energija snopa, a iz odnosa prve i druge poludebljine dobija se informacija o stepenu njegove homogensti.

U ovom radu srednja energija i stepen homogenosti snopa iz Pouređaja MG 320 koji se nalazi u Institut "Boris Kidrič" su određeni merenjem prve i druge poludebljine pomoću Cu-apsorbera. Da bi se dobio uvid u kvalitet snopa u odnosu na druge slične uređaje, izmerene poludebljine su uporedjene sa podacima datim u ISO standardu 4037 /2/

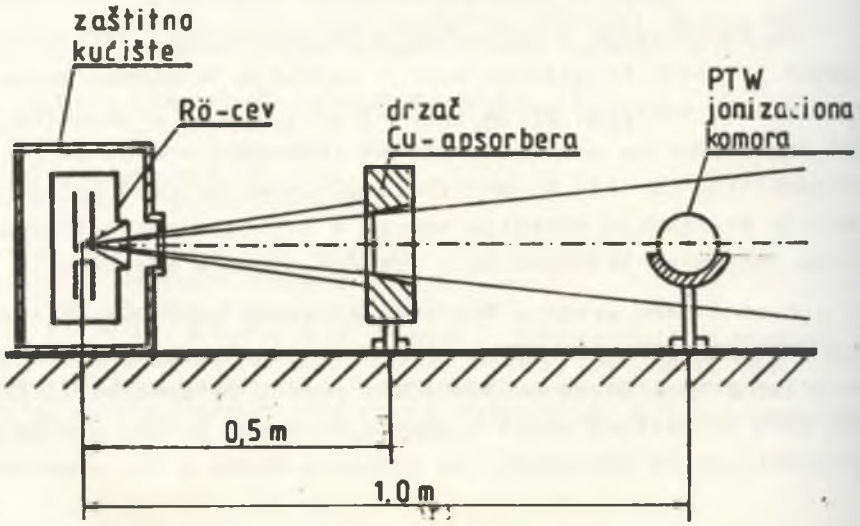
Eksperimentalni postupak

Merenje poludebljine Cu-apsorberima vršeno je za spektre X-zračenja koji su definisani naponima na Rö-cevi i filtracijom snopa prikazanom u Tabeli 1, sa veličinom fokusa 4 mmx4 mm.

Tabela 1. Filtracija snopa u zavisnosti od napona na Rö cevi

Položaj	Visoki napon (kV)	Al (mm)	Cu (mm)	Sn (mm)	Pb (mm)
1	-	-		-	-
3	60	4,00	0,60	-	-
4	100	4,00	5,00	-	-
5	150	4,00	-	2,50	-
6	200	4,00	2,00	3,00	1,00
7	250	4,00	-	2,00	3,00
8	300	4,00	-	3,00	5,00

Cu-apsorberi su proizvodnje PTW (Physikalische Technische Werkstatten) sa tolerancijom ±5% za debljine manje od 0,5 mm, a ±2% za veće debljine. Prilikom merenja poludebljina Cu-apsorberi su postavljeni, saglasno ISO standardu 4037, na polovinu rastojanja izmedju fokusa Rö-cevi i jonizacione komore (Slika 1). Korišćena jonizaciona komora PTW tip M 23361, zapremine $3.10^{-5} m^3$ je sekundarni etalon namenjen za merenje jačine ekspozicione doze X zračenja sa greškom od ±2%. Kolimacija snopa izvršena je dodatnim parom dijafragmi prečnika 3 cm, koje omogućavaju i homogeno ozračivanje komore po celoj osetljivoj zapremini.



Slika 1. Šematski prikaz eksperimenta

Uslovi ozračivanja su kontrolisani transmisionom komorom, čije je pokazivanje korišćeno za normiranje izmerenih vrednosti jačina ekspozicionih doza

Rezultati merenja i diskusija

Poludebljine Cu-apsorbera su odredjene merenjem jačine ekspozicione doze u funkciji debljine Cu-apsorbera. Za odredjivanje poludebljine korišćene su srednje vrednosti jačina ekspozicionih doza dobijene iz deset uzastopnih merenja, normirane na isto pokazivanje transmisione komore.

Korišćenjem izmerenih vrednosti jačina ekspozicionih doza za debljine Cu-apsorbera do prve poludebljine, metodom najmanjih kvadrata odredjena je prava vrednost prve poludebljine. Izmerene jačine ekspozicione doze za debljine Cu-apsorbera od prve do druge poludebljine korišćene su po istom postupku za odredjivanje prave vrednosti druge poludebljine.

Rezultati su prikazani u Tabeli 2, uporedo sa vrednostima koje su date u ISO standardu 4037 za kolimisani uzani snop zračenja, kao i srednja energija snopa odredjena na osnovu izmerenih vrednosti prve poludebljine /3/.

Tabela 2. Vrednosti srednje energije, poludebljine Cu-apsorbera i stepeni homogenosti snopa X zračenja za vrednosti napona na Rö cevi od 60 kV do 300 kV

Napon (kV)	Srednja energija (keV)	Prva poludebljina (mm Cu)		Druga poludebljina (mm Cu)		Stepen homogenosti	
		ISO	IBK	ISO	IBK	ISO	IBK
60	45	0,24	0,24±0,01	0,29	0,25±0,03	0,83	0,96
100	82	1,16	1,19±0,04	1,20	1,10±0,05	0,97	1,08
150	115	2,4	2,34±0,00	2,58	2,51±0,01	0,93	0,93
200	155	3,9	4,00±0,00	4,29	4,09±0,00	0,91	0,98
250	210	5,2	5,26±0,00	5,2	5,31±0,00	1,00	0,99
300	250	6,2	6,36±0,02	-	-	-	-

Odredjene vrednosti za prvu poludebljinu su u saglasnosti sa vrednostima koje su date u ISO standardu 4037; izmerene vrednosti za drugu poludebljinu odstupaju od vrednosti datih istim standardom u granicama od ±10%.

Izračunate vrednosti za stepen homogenosti snopa pokazuju da

je u svim slučajevima stepen homogenosti snopa približno jednak jedinici, što znači da je energetska homogenost zadovoljavajuća.

Zaključak

Na osnovu izmerenih poludebljina Cu-apsorberima i odredjene energetske homogenosti snopa, može se zaključiti da se sa Rö-uredjajem MG 320 mogu realizovati energetski homogena polja X zračenja koja po svojim karakteristikama zadovoljavaju zahteve koji se postavljaju za etalonska polja pri ispitivanju i kalibraciji dozimetrijske instrumentacije.

Filtracija koja je preporučena ISO standardom 4037 (Tabela 1) daje kvalitetan snop X zračenja visokog stepena homogenosti. Medjutim, zbog jake filtracije u takvim snopovima se ostvaruju relativno male jačine ekspozicionih doza. U praksi se primenjuje, kada je to neophodno, kompromisno rešenje, odnosno koriste se i polja X zračenja sa manjim stepenom homogensti snopa, koja realizuju veće jačine ekspozicionih doza.

Abstract: THE MEAN ENERGY AND HOMOGENEITY FACTOR FOR X-RAY BEAMS FROM THE MG 320 DOSIMETRY GENERATOR - The paper deals with the results of the mean energy and homogeneity factor determination for different X ray beams from the MG 320 Dosimetry generator. The mean X ray energy was evaluated by measuring the first HVL and the homogeneity factor from the ratio of the second and first HVL. The results obtained are compared with the values given in ISO standard 4037.

Peference

1. I.Mirić, D.Veličković, M.Jeremić, Zbornik radova XII Jugosl. simp. o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983, Vol.II str.409.
2. "X-ray and Gamma Reference Radiations for Calibrating and Determining the Energy Response of Dosimeters and Ratemeters,ISO standard 4037, 1979
3. "Radiological Health Handbook", US Dept of Health Education and Welfare, Jan.1970

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Vasiljević Lj.[x], Veličković D., Mirić I.
[x]Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča, OOUR "Zaštita"

ENERGETSKA ZAVISNOST OSETLJIVOSTI CELULOZNIH NITRATA NA NEUTRONE

Rezime

U radu su prikazani rezultati teorijske procene energetske zavisnosti dozne osetljivosti celuloznih nitrata NC-650, NC-900 i NC-1800, proizvodnje "Milan Blagojević" iz Lučana i celuloznog nitrata firme KODAK LR 115, tip 2.

Vrednosti najnižih kao i najviših doza koje ovi detektori mogu da registruju procenjene su na osnovu energetske zavisnosti i izmerenog fona, odnosno mogućnošću pouzdanog brojanja tragova optičkim mikroskopom.

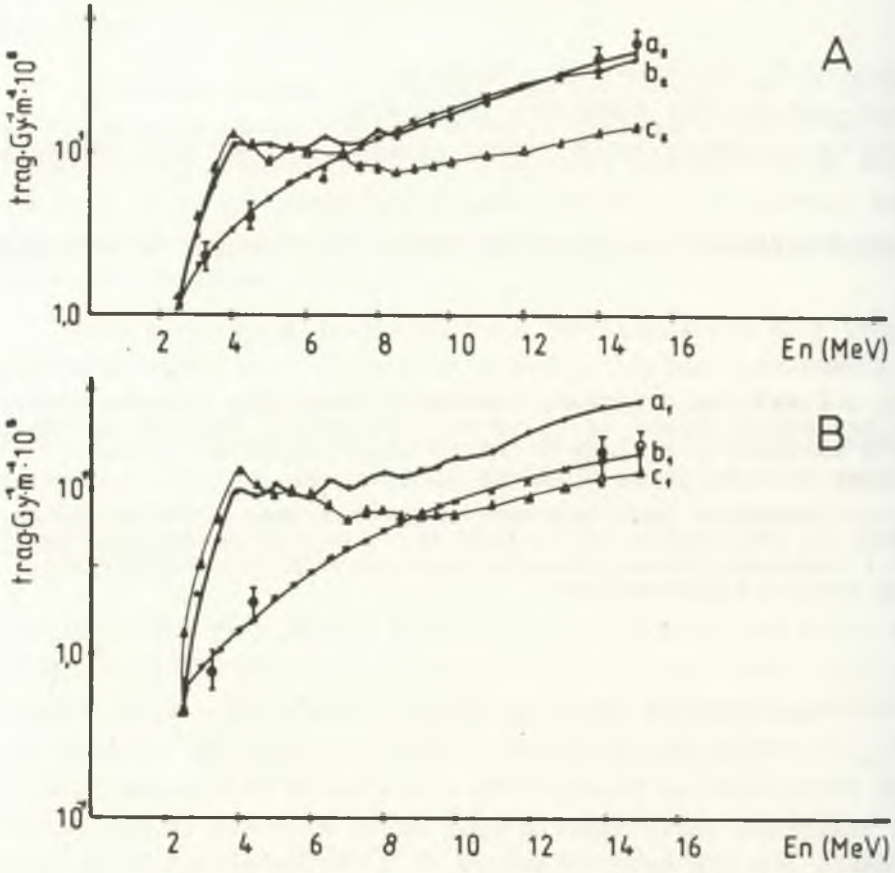
Uvod

Dozimetrija brzih neutrona predstavlja u ličnoj dozimetriji još uvek veliki problem. Interkomparacije izvršene u periodu 1974.-1980 su pokazale da se najmanja standardna devijacija izmerenih individualnih doza brzih neutrona dobija merenjem pomoću čvrstih trag detektora /1/. Ovi detektori imaju prednost u odnosu na većinu drugih detektora pri merenju doza neutrona u mešovitim poljima zračenja zbog njihove veoma niske osetljivosti na gama zračenje.

U prethodnom periodu za direktno merenje fluksa neutrona najviše su korišćeni celulozni nitrati. U poslednje vreme osim celuloznih nitrata ispituju se i novi tipovi trag detektora izradjeni od alildiglikol karbonata (CR-39). Medjutim, ovi detektori još nisu primenjeni u ličnoj dozimetriji, jer nije razvijen postupak istovremenog elektrohemijskog razvijanja većeg broja detektora.

S obzirom da su neke laboratorije rasmatrale mogućnost primene celuloznih nitrata za ličnu dozimetriju, u ovom radu je analizirana energetska zavisnost neutronske dozne osetljivosti celuloznih nitrata NC-650, NC-900, NC-1800 proizvodnje "Milan Blagojević" i KODAK LR 115, tip 2.

nih rezultata , pri čemu bi se posebna pažnja obratila na preciznije odredjivanje efektivne debljine sloja i bolje definisanje uslova pod kojima trag postaje vidljiv.



Slika 1. Neutronska dozna osetljivost ispitivanih detektora: A - detektori izradjeni od domaćih celuloznih nitrata; B - detektori proizvodnje KODAK

Procena opsega merenja doze neutrona

Dobijeni rezultati mogu da posluže za procenu opsega merenja doze neutrona pomoću opisanih detektora, pretpostavljajući da se obrada detektora izvodi na uobičajeni način /2/, a tragovi čitaju optičkim mikroskopom sa uvećanjem 500 x.

Donja granica opsega doza definisana je fonom detektora, koji za LR 115, starosti 1 do 2 godine, iznosi oko $6{,}5.10^{6} m^{-2}$, a za domaće NC, starosti oko 10 meseci $2{,}2.10^{7} m^{-2}$. Gornja granica opsega neutrona je definisana mogućnošću pouzdanog brojanja tragova

Teorijsko odredjivanje osetljivosti i uporedjivanje sa eksperimentalnim vrednostima

Osetljivost na neutrone je odredjena na osnovu poznatog hemijskog sastava celuloznih nitrata, energetskih zavisnosti efikasnih preseka za interakcije neutrona sa jezgrima kiseonika, ugljenika i azota /2/, kao i konverzionih faktora fluks-apsorbovana doza neutrona /3/.

Pri izračunavanju je uzeto u obzir da se u celuloznom nitratu mogu registrovati teške naelektrisane čestice kod kojih je LET veći od 68 MeV.m^2.kg^{-1} i domet duži od 1/um. To su naelektrisane čestice sa Z 2 čije su energije veće od 0,6 MeV i čestice sa Z=2 čije su energije veće od 0,2 MeV.

Pri rasmatranju interakcija zanemareno je rasejanje na jezgru vodonika i interakcije za koje je efikasni presek manji od $10^{-31} m^2$.

Pretpostavljeno je da snop monoenergetskih neutrona pada normalno na ispitivane detektore, kao i da je ugaona raspodela naelektrisanih čestica nastalih pri interkacijama sa neutronima izotropna u sistemu CM /2/.

Pri procenjivanju efikasne debljine sloja u kome su nastali produkti interakcije sa neutronima pretpostavljeno je da se vidljivi tragovi dobijaju kako od čestica nastalih u skinutom sloju, tako i od čestica koje nastaju u preostaloj masi detektora. Debljina skinutog sloja iznosi 2/um, a efikasna debljina preostale mase detektora zavisi od vrste i energije naelektrisane čestice.

Rezultati teorijskog odredjivanja energetske zavisnosti dozne osetljivosti celuloznih nitrata domaće proizvodnje prikazani su na slici 1A, a rezultati za LR 115 tip 2 dati su na slici 1B. Krive (a_1,a_2) su odredjene na osnovu napred navedenih kriterijuma, krive (b_1,b_2) dobijene su na sličan način primenom kriterijuma koje je preporučio Spurny /2/.Osnovna razlika u odnosu na kriterijume za krive (a_1,a_2) je u tome što debljina sloja u kome se posmatraju interakcije neutrona iznosi 1/um. Krive (c_1,c_2) su dobijene empirijski /2/primenom naših eksperimentalnih rezultata, kao i rezultata drugih autora.

Kao što se sa slike vidi, slaganje teorijskih i eksperimentalnih rezultata dobijeno je za energije neutrona od oko 14 MeV, dok su u oblasti nižih energija odstupanja značajna. Ovo ukazuje da treba usavršiti teorijsku interpretaciju eksperimental-

optičkim mikroskopom. Procenjeno je da se gustina tragova veća od $6.10^{-8}m^{-2}$ ne može brojati sa zadovoljavajućom tačnošću zbog preklapanja tragova.

U Tabeli 1 prikazane su donja i gornja granica merenja doza koji se dobijaju na akceleratorima iz reakcija tipa D(d,n) i T(d,n), kao i neutronskim poljima koja formira Am-Be izvor.

TABELA 1. Opseg merenja doza neutrona pomoću NC detektora

Izvor	E_n=3,2 MeV		E_n=14 MeV		Am-Be	
	teor.	eksp.	teor.	eksp.	teor.	eksp.
Domaće NC						
Donja granica(mGy)	33,7	86,4	5,8	6,2	21,0	51,9
Gornja granica (Gy)	0,9	2,2	0,15	0,16	0,5	1,3
LR 115 tip 2						
Donja granica(mGy)	13,7	65,4	1,97	3,87	7,4	38,0
Gornja granica(Gy)	1,1	5,5	0,31	0,30	0,6	3,2

Zaključak

Ispitivanje osetljivosti celuloznih nitrata na neutrone ukazuje na sledeće:

1. Energetska zavisnost osetljivosti varira i za faktor 10 u oblasti energija od oko 2 MeV do oko 15 MeV;
2. Donja granica doza koja se ovim detektorima može registrovati je visoka da bi se primenili u ličnoj dozimetriji namenjenoj za rutinsku kontrolu;
3. Gornja granica opsega doza je relativno niska da bi detektori mogli da budu korišćeni u akcidentalnoj dozimetriji.

Uprkos navedenom smatramo da čvrsti trag detektori imaju druge prednosti koje navode da je njihova primena pogodna u dozimetriji neutrona.

NEUTRON SENSITIVITY OF CELLULOSE NITRATE DETECTORS - the paper deals with theoretical and experimental results of neutron dose sensitivity for different home made detectors and for Kodak LR115 type 2. The results obtained were used to evaluate for different spectra dose ranges in which the detectors can be used.

Reference

1. Sims C.S., Swaja R.E., Health Physics 2, no 1, 3 (1982)
2. Vasiljević Lj. Efikasnost detekcije brzih neutrona celuloznim nitratima u funkciji energije neutrona, dokt.dis. PMF Kragujevac, 1983
3. Technical Reports Series, IAEA, Vienna (1982), p.137

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Kovačević M., Vukčević M., Mirić I.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
COUP Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

JONIZACIONA KOMORA SA ŠUPLJINOM ZA APSOLUTNO MERENJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE U POLJU GAMA ZRAČENJA ^{60}Co

Rezime

U ovom radu ispitana je jonizaciona komora sa šupljinom od vazdušno-ekvivalentnog materijala, namenjena za apsolutno merenje ekspozicione doze gama zračenja u polju Co-60. Određena je zapremina komore, faktor njene homogenosti, kao i potrebni korekcioni faktori za apsolutno merenje ekspozicione doze. Dobijeni rezultati pokazuju da se komorom mogu meriti jačine ekspozicione doze sa srednjom kvadratnom greškom manjom od 0,8%.

Uvod

Jonizacione komore sa šupljinom koriste se u većem broju zemalja kao primarni etaloni za ekspozicionu dozu elektromagnetnog zračenja energije od oko 400 keV do 3 MeV. Dimenzije su im odabrane tako da je zadovoljen Bragg-Gray-ev zakon; zidovi su im izradjeni od grafita ili vazdušno-ekvivalentnog materijala (VEM), a šupljina je napunjena vazduhom.

Komora koja je ispitana u okviru ovog rada predvidjeno je da se koristi za apsolutno merenje jačine ekspozicione doze u polju gama zračenja ^{60}Co.

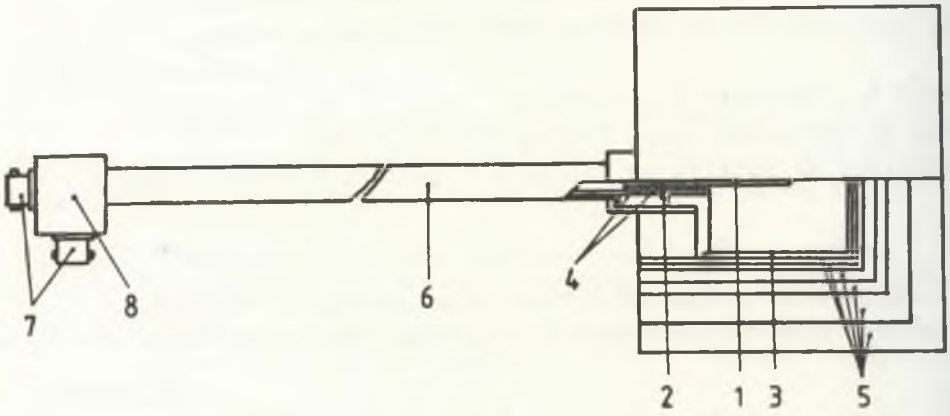
Opis komore i merenje jačine ekspozicione doze

Realizovana komora je izradjena od VEM-a /1/, cilindrična je sa kvadratnim aksijalnim presekom (Slika 1).

Veza izmedju struje jonizacije u komori (I) i jačine ekspozicione doze $\dot{X}$ data je izrazom

$$\dot{X} = (k/\lambda f).0,774\ (I/V) \qquad (1)$$

gde je V - zapremina komore (m^3), I - struja jonizacije (A), λf - faktor homogenosti komore, k - proizvod korekcionih faktora zbog: apsorpcije primernog zračenja u zidu komore (k_p), doprinosa rasejan



Slika 1. Šematski prikaz jonizacione komore: 1 - kolektorska elektroda, 2 - zaštitni prsten, 3 - telo komore, 4 - izolator 5 - kape, 6 - držač komore, 7 - priključnica, 8 - kutija

nog zračenja sa držača komore (k_d), nehomogene raspodele izvora elektrona u zidu komore (k_i), nedostizanja uslova zasićenja (k_s), radijalne nehomogenosti polja (k_r), aksijalne nehomogenosti polja (k_a) promene gustine vazduha (k_v), vlažnosti vazduha (k_h).

Zapremina komore je odredjena u Saveznom zavodu za mere i dragocene metale. Dobijeno je da je efektivna zapremina šupljine komore $V = (6,120 \pm 0,010).10^{-6} m^3$.

Struja jonizacije je merena pomoću strujnog integratora NP2100 proizvodnje OKZ Seibersdorf. Greška merenja struje za opseg od 10^{-11}A do 10^{-7}A iznosi 0,5%, a za struje reda veličine 10^{-12}A 1%.

Faktor homogenosti komore je izračunat po Spencer Attix-ovoj teoriji /1/ i za ispitivanu komoru je dobijeno da iznosi $0,9897 \pm 0,5\%$.

Komora je ispitivana u kolimisanom snopu gama zračenja ^{60}Co na rastojanju 1 m od izvora, gde dijametar snopa iznosi 15 cm.

Korekcioni faktor zbog apsorpcije primarnog zračenja u zidu komore (k_p) je odredjen merenjem struje jonizacije u konstantnom polju zračenja za različite debljine zida komore. Promena debljine zida je postignuta dodavanjem kapa izradjenih od istog materijala kao i telo komore. Korekcioni faktor je odredjen kao odnos ekstrapolisane vrednosti struje jonizacije na nultu debljinu zida i struje jonizacije za radnu debljinu zida.

Korekcioni faktor zbog doprinosa rasejanog zračenja sa držača komore (k_d) je odredjen merenjem struje jonizacije (I_1) u konstrantnom polju gama zračenja kada je ispitivana komora sama i merenjem

struje jonizacije (I_2) kada se uz ispitivanu komoru, čelo uz čelo, primakne pomoćna komora

$$k_d = 2 - (I_2/I_1) \qquad (2)$$

Korekcioni faktor zbog nehomogene raspodele izvora elektrona u zidu komore (k_i) je izračunat po postupku koji su preporučili A.Rakow i W.Will /2/.

Korekcioni faktor zbog nedostizanja uslova zasićenja (k_s) je odredjen iz odnosa

$$k_s = I_\infty/I_r \qquad (3)$$

gde je I_r struja na radnom naponu, a I_∞ struja zasićenja koja je odredjena ekstrapolacijom prave /3/

$$1/I = f(1/U) \qquad (4)$$

na $1/U=0$.

Korekcioni faktori zbog radijalne i aksijalne nehomogenosti polja (k_r odnosno k_a) su, saglasno uslovima ispitivanja, odredjeni za rastojanje izvor-komora od 1 m./4,5/

Korekcioni faktor zbog promene gustine vazduha (k_v) u šupljini komore odredjen je po formuli

$$k_v = \frac{273,15+T}{293,15} \cdot \frac{101,325}{P} \qquad (5)$$

gde je: T - temperatura (^oC), a P pritisak (kPa).

Korekcioni faktor zbog uticaja vlage (k_h) odredjen je korišćenjem podataka datim u ICPU report 31.

Zaključak

Neodredjenosti veličina koje utiču na tačnost merenja jačine ekspozicione doze pomoću opisane jonizacione komore date su u Tabeli 1. Iz Tabele se vidi da srednja kvadratna greška merenja jačine ekspozicione doze opisanom jonizacionom komorom u polju gama zračenja ^{60}Co iznosi $\pm 0,80\%$.

Uporedjivanjem prikazanih neodradjenosti sa odgovarajućim vrednostima objavljenim za jonizacione komore - primarne etalone drugih zemalja /6,7/, može se zaključiti da se u opisanoj komori struja jonizacije meri sa većom neodredjenošću (prema deklaraciji proizvodjača). Ako bi se struja jonizacije merila sa neodredjenošću od $\pm 0,2\%$, kao što se to deklariše u primarnim laboratorijama drugih zemalja, opisana komora bi merila jačinu ekspozicione doze sa tačnošću koja je deklarisana za interkomparirane jonizacione komore sa šupljinom deklarisane kao primarni etaloni nacionalnih laboratorija.

Tabela 1. Vrednost korekcionih faktora i neodredjenost njihovog poznavanja

Veličina	Vrednost	Greška (%)
k_p (debljina zida)	1,0092	0,07
k_d (rasejanje sa držača)	0,9977	0,07
k_s (rekombinacija)	1,0048	0,02
k_i (neuniformost izvora e^-)	0,995	0,2
k_r (radijalna nehomogenost)	1,000	0,1
k_a (aksijalna nehomogenost)	0,9915	0,2
k_v (gustina vazduha)		0,15
k_h (vlažnost vazduha)		0,05
λf (faktor homogenosti	0,9897	0,5
I (struja jonizacije)		0,5
V (zapremina šupljine)	$6,120.10^{-6} m^3$	0,16
Srednja kvadratna greška		0,80

CAVITY IONIZATION CHAMBER FOR ABSOLUTE MEASUREMENT OF GAMMA RAY EXPOSURE DOSE RATES - This paper describes the procedure of investigation of a cavita ionization chamber made of a air equivalent material. The chamber is intended to be used for absolute exposure dose rate measurements in gamma fields od Co-60.

Uncertainties of the following quantities were evaluated: current, volume of the cavity, homogeneity factor and other correction factors. It has been shown that the overall uncertainty of exposure dose rate measurement is not higher than ±0,8%.

Reference

1. Novković D., "Jonizacione komore sa šupljinom za apsolutna merenja ekspozicija i apsorbovanih doza X i gama zračenja od 0,01 do 3 MeV 3 MeV" Doktorska disertacija, PMF Univerzitet u Beogradu 1978
2. Pakow A., Will W., Kernenergie 6.Jahrgang Heft 9 (1963)
3. Wyckoff H.O., Attix F.H., NBS Handbook 64, 1957
4. Engelke B.A., Hübner W., Biophysik 2, 193 (1965)
5. Allisy A., Internat. Jour.of Sci Metrology 3, No 2 41 (1967)
6. Niatel P.T., Loftus T.P. Oetzmann W., Metrologia 11 (1975) 17
7. Divina A. et al. ENEA Rep. RT/PROT (83) 21

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Pula, 10-13. juni 1985.

R.S.Pavlović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Centar za permanentno obrazovanje
Beograd, Kosančićev venac 29

F.Boreli
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Bulevar revolucije 73

V.Lazarević
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Laboratorija za fiziku

ANALIZA POGODNOSTI PRIMENE POLUPROVODNIČKIH DETEKTORA U GAMA REFLEKSIONOM MERAČU DEBLJINE

U radu će biti dati rezultati teorijske analize verovatnoće refleksije i verovatnoće refleksije i detekcije (apsorpcije energije) fotona reflektovanog zračenja za različite detektore zračenja (NaI(Tl), CdTe i Si) u gama refleksionom meraču debljine, kao i oblici krivih zavisnosti intenziteta odziva detektora na reflektovano zračenje, od debljine rasejavača.

1. UVOD

U analizi spektra reflektovanog gama zračenja[1], kao i u meračima debljine na principu merenja intenziteta reflektovanog gama zračenja, najčešće se kao detektor zračenja upotrebljava cilindrčni scintilacioni kristal NaI(Tl). Kod najčešće korišćenih rešenja gama refleksionog merača debljine, izvor gama zračenja (uglavnom ^{60}Co) fiksira se u osi cilindričnog kristala NaI, na rastojanju h od njegove osnove. Detektor zračenja pri tome nije zaštićen od direktnog zračenja iz izvora.Izvor zračenja se pri merenju naslanja na površinu materijala, pa promena odziva detektora usled refleksije zračenja daje informaciju o debljini materijala.

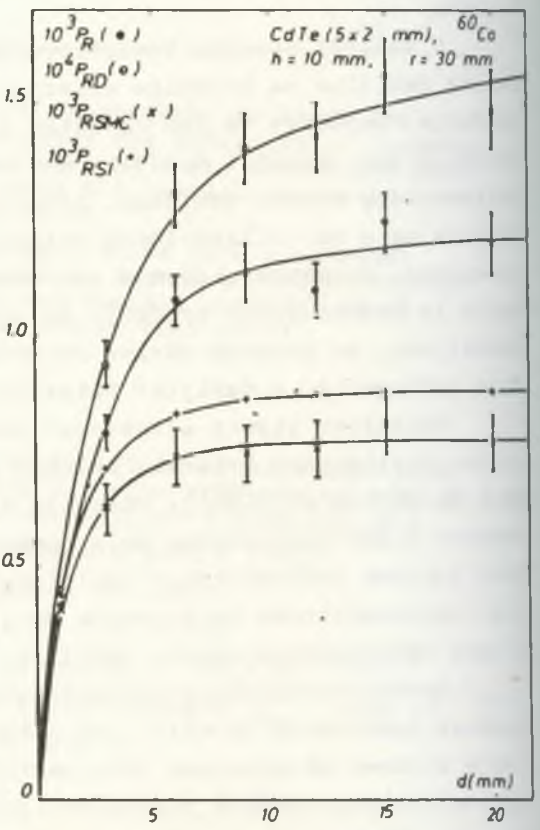
Relativno visoka efikasnost detekcije gama zračenja, mogućnost izrade kvalitetnih kristala velikih dimenzija, kao i linearnost odziva detektora u funkciji energije zračenja[2], odnosno mogućnost odsecanja visokoenergetskog dela spektra odziva detektora, koji ne sadrži korisnu informaciju o debljini materijala koji reflektuje zračenje, karakteristike su kristala NaI, koje ga čine pogodnim za primenu u gama refleksionom meraču debljine.

Spektrometrijske karakteristike poluprovodničkih detektora, mogućnost rada nekih od njih i na sobnim temperaturama, kao i neposto-janje zahteva za upotrebu fotoelektronskog multiplikatora, podstaklo je ideju o ispitivanju pogodnosti primene poluprovodničkih detektora u gama refleksionim meračima debljine.

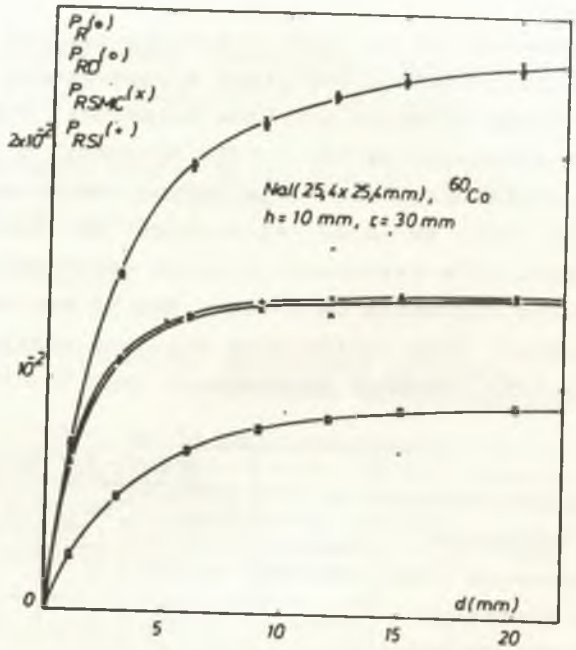
2. REZULTATI TEORIJSKE ANALIZE

Primenom neanalognog metoda Monte Karlo[3] izračunavana je verovatnoća refleksije (P_R) i verovatnoća refleksije i apsorpcije energije fotona reflektovanog zračenja - detekcije (P_{RD}). Izvr primarnog gama zračenja je ^{60}Co, a,kao detektori zračenja, analizirani su NaI(Tl) (cilindar, Ø = h_D= 25,4mm), CdTe (cilindar, Ø = 5 mm, h_D= 2mm) i Si (cilindar, S = 40mm^2, h_D=0,3mm).Reflektori gama zračenja su cilindrični uzorci poluprečnika r = 30 mm i debljine l do 20 mm. Izvor zračenja, odnosno uzorak su na rastojanju h = 10 mm od detektora zračenja. Na sl. 1.,2. i 3. prikazani su oblici krivih P_R i P_{RD} u funkciji debljine uzorka, za sva tri tipa detektora, kao i verovatnoće refleksije, računate prema modelu jednostrukog rasejanja, analognim metodom Monte Karlo[4] (P_{RSMC}) i numeričkim rešavanjem analitičkog izraza[5] (P_{RSI}) za verovatnoću refleksije fotona gama zračenja na efikasnu površinu detektora, posle jednostukog Komptonovog rasejanja u uzorku.

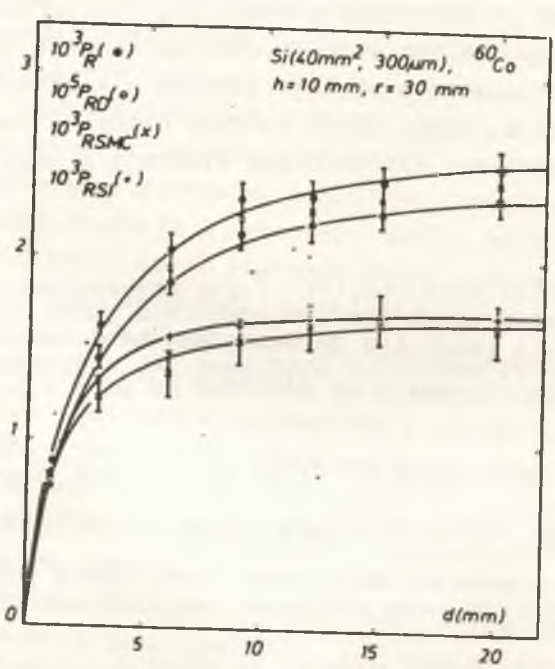
Mada su vrednosti verovatnoća refleksije i detekcije reflektovanog zračenja za oko 2 (CdTe), odnosno 3 (Si) reda veličine manje u odnosu na NaI detektor zračenja, normalizacijom ovih krivih dobijaju se, u granicama greške, identični oblici zavisnosti P_{RD} (intenziteta odziva) od debljine uzorka, što upućuje na zaključak da će osetljivosti merača debljine, pri istim statističkim greškama brzine brojanja detektorskog sistema, biti približno jednake. Naravno, vremenske konstante merača ili aktivnosti izvora zračenja bi pri tome morale biti za 2, odnosno 3 reda veličine veće.



Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.

Treba napomenuti da su ovako drastične razlike vrednosti P_{RD} dobrim delom uzrokovane i razlikama u verovatnoći refleksije P_R, odnosno veličinom efikasne površine detektora. Ovo naročito važi za poredjenje vrednosti za NaI i CdTe detektor. U tablici I date su vrednosti efikasnosti detekcije fotona reflektovanog i prmarnog zračenja ^{60}Co. Vidi se da su efikasnosti NaI samo 3 - 4 puta veće od efikasnosti CdTe detektora, i pored drastičnih razlika u veličinama efikasne zapremine detektora, dok je verovatnoća refleksije na NaI detektor zbog znatno veće efikasne površine veća oko 20 puta, nego na CdTe detektor zračenja.

Tablica I

	efikasnost detekcije ε (%)	
	primarno zračenje ^{60}Co	reflektovano zračenje ^{60}Co
NaI(Tl)	18.1± 0.1	35.4± 4.1
CdTe	4.90± 0.01	11.47± 2.29
Si	0.398±0.001	0.89± 0.12

3. ZAKLJUČAK

Znatne razlike efikasnih površina i zapremina analiziranih detektora zračenja otežavaju donošenje zaključka o pogodnosti primene CdTe i Si detektora u gama refleksionom meraču debljine. Takodje za donošenje pouzdanijeg zaključka neophodno je izvesti detaljniju analizu uticaja svih parametara merača na odziv detektora, kao i procesa stvaranja impulsa u konkretnom detektoru zračenja. Utisak je, ipak, da bi se CdTe detektor veće efikasne površine mogao upotrebiti kao detektor zračenja u gama refleksionom meraču debljine.

ABSTRACT

In this paper some results of the theoretical analysis of integral probability that the backscattered gamma photon from a point source will reach the detector and be detected, are presented as afunction of scatterer thickness. As radiation detectors in the thickness gauge , NaI(Tl), CdTe and Si were considered.

LITERATURA

1. В.П. БУЛАТОВ и др., АЛЬБЕДО ГАМА ИЗЛУЧЕНИЯ, Атомиздат, Москва, 1968.

2. А.И.Абрамов и др., ОСНОВЫ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, Атомиздат, Москва, 1977.

3. R.S.Pavlović, F.Boreli, NEANALOGNI METOD MONTE KARLO U ANALIZI SPEKTRA REFLEKTOVANOG GAMA ZRAČENJA, nepublikovan materijal (prijavljen rad na XIII JSZZ, Pula, 1985.)

4. J. Wood, COMPUTATIONAL METHODS IN REACTOR SHIELDING, Pergamon Press, Oxford, 1982.

5. D.P.Stojanović, R.S.Pavlović, F.Boreli, PROBABILITY CALCULATIONS OF THE BACK-SCATTERED GAMMA RADIATION FOR THE THICKNESS GAUGE GEOMETRY, Journal of Engineering Phisics, Belgrade, XXIV, 1982.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

R.S.Pavlović
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Centar za permanentno obrazovanje
Beograd, Kosančićev venac 29

F.Boreli
Elektrotehnički fakultet
Beograd, Bulevar revolucije 73

MOGUĆNOST OPTIMIZACIJE RASTOJANJA DETEKTOR - IZVOR ZRAČENJA U GAMA REFLEKSIONOM MERAČU DEBLJINE

Brzina odgovora merača debljine izmedju ostalih parametara zavisi i od rastojanja detektor-izvor zračenja,odnosno detektor--rasejavač. U radu će biti dati neki od rezultata zavisnosti intenziteta i oblika spektra reflektovanog zračenja i odziva detektora, za različita rastojanja detektor-rasejavač.u najčešće primanjivanoj geometriji gama refleksionog merača debljine[1].

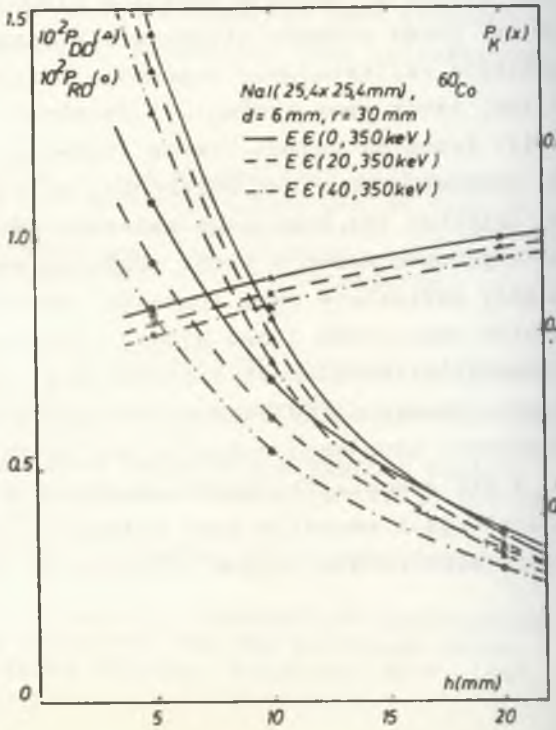
1. UVOD

Pojava zavisnosti intenziteta reflektovanog zračenja od debljine materijala koji reflektuje primarno gama zračenje, u odredjenom opsegu debljina[2], koristi se za merenje debljine materijala. Česta potreba merenja debljine zidova cevi,radnih i posuda za skladištenje, gde je pristupačna samo jedna strana zida, isključuje mogućnost klasičnog merenja debljine, kao i primenu metoda transmisije gama zračenja. Merenje debljine zidova, limova i sl. u takvim uslovima, pored primene ultrazvučnih metoda[3], vrši se merenjem intenziteta reflektovanog zračenja. U najčešće korišćenim meračima debljine, izvor gama zračenja i detektor, obično cilindrični krstal NaI(Tl), kruto su vezani. Izvor zračenja malih dimenzija, obično ^{60}Co, postavlja se u osu detektora, na rastojanju h od osnove kristala. Detektor pri tome nije zaštićen od direktnog zračenja iz izvora. U procesu merenja izvor zračenja se prislanja na površinu zida koji reflektuje gama zračenje. Razlika u odzivu detektora u prisustvu rasejavača i bez njega, predstavlja informaciju o debljini materijala. Pouzdanost i brzina dobijanja informacije, kao i bezbednost u odnosu na izlaganje jonizujućem zračenju, pokazatelji su optimalnosti usvojenog rešenja. Oni su funkcija niza parametara merača, a pre svega efikasnosti detektora zračenja, aktivnosti izvora gama zračenja i energije gama zračenja, rastojanja izvor-detektor i načina elektronske obrade informacije iz detektora zračenja.

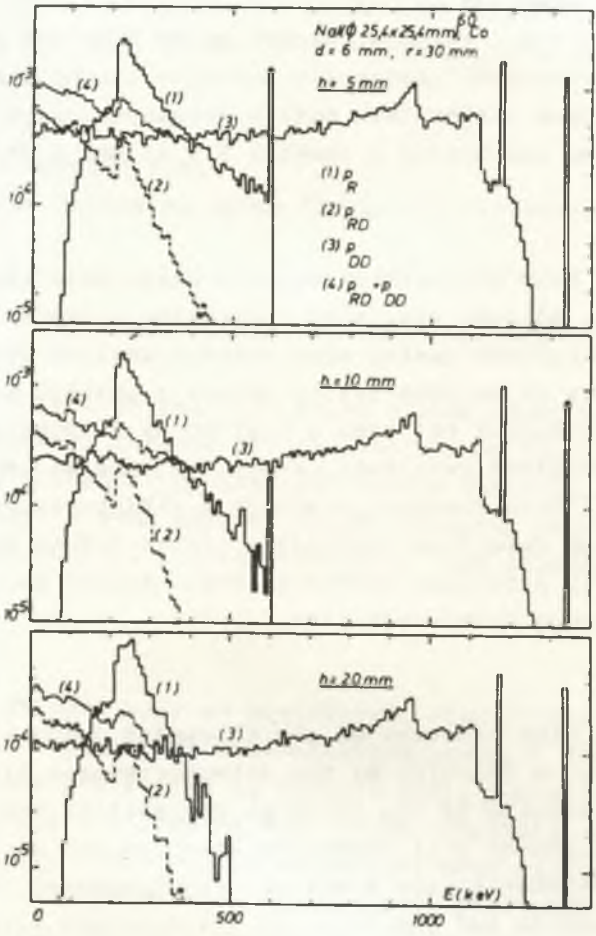
2. ANALIZA ODZIVA DETEKTORA NA DIREKTNO I REFLEKTOVANO ZRAČENJE U ZAVISNOSTI OD RASTOJANJA IZVOR - DETEKTOR ZRAČENJA

Primenom neanalognog metoda Monte Karlo[4] analizirani su oblici spektara i intenzitet reflektovanog zračenja na efikasnu površinu detektora i verovatnoća apsorpcije energije fotona primarnog i reflektovanog zračenja u detektoru, za različita rastojanja izvor - detektor zračenja. Analiza je vršena praćenjem 60.000 fotona primarnog zračenja, koji sa odredjenom statističkom težinom padaju na pločasti rasejavač(Fe) konačnih dimenzija (debljina d=6mm i poluprečnik r=30mm). Verovatnoća detekcije i oblik spektra apsorbovane energije primarnog zračenja računati su praćenjem istorija 20.000 fotona koji padaju na efikasnu pvršinu detektora.

Na sl.1. prikazane su familije krivih zavisnosti verovatnoće refleksije i detekcije reflektovanog zračenja (P_{RD}), verovatnoće detekcije direktnog zračenja iz izvora (P_{DD}) i doprinos reflektovanog zračenja ukupnom odzivu detektora ($P_K = P_{RD}/(P_{RD} + P_{DD})$), od rastojanja izvor detektor zračenja, odnosno detektor - rasejavač, za zračenje ^{60}Co i NaI(Tl) detektor zračenja cilindričnog oblika (prečnik osnove i visina detektora su 25,4mm). Krive su date za energetske intervale (0 , 350keV), (20 , 350 keV) i (40 , 350 keV). Za energije veće od 350 keV-a, doprinos reflektovanog zračenja u ukupnom odzivu detektora je 10% i brzo opada sa porastom energije. Za donje granice energetskih intervala usvojene su verdnosti 0, 20 i 40 keV-a, kako bi se rezultati mogli porediti sa rezultatima eksperimenata, u kojima se očekuje visok nivo šuma u odzivu detektora na niskim energijama.



Slika 1.



Slika 2.

Na sl.2. prikazani su oblici spektara reflektovanog zračenja na efikasnu površinu detektora (p_R), spektara apsorbovane energije primarnog (p_{DD}) i reflektovanog zračenja (p_{RD}) i spektra apsorbovane energije ukupnog polja zračenja ($p_{RD}+ p_{DD}$), za zračenje ^{60}Co i NaI(Tl) detektor zračenja, pri rastojanjima izvor - detektor h=5, 10 i 20 mm. Pik u spektru reflektovanog zračenja, koji se pojavljuje na energiji od 600 keV-a, za rastojanja h = 5 i 10 mm, posledica je matematičkog modela amplitudskog analizatora, u kojem se verovatnoće apsorpcije svih energija većih od 600 keV-a smeštaju u energetski kanal 600-610 keV-a. Relativni intenzitet ovog pika u odnosu na maksimum u spektru reflektovanog zračenja, koji se nalazi na energijama 230-260 keV-a,kao i oblik spektara za energije iznad maksimuma verovatnoće refleksije,pokazuju da verovatnoća refleksije fotona većih energija opada sa povećanjem rastojanja izvor

(uzorak) - detektor zračenja.

Na slikama 1. i 2., takodje, zapaža se da doprinos reflektovanog zračenja verovatnoći apsorpcije energije fotona ukupnog polja zračenja, odnosno intenzitetu odziva detektora blago raste izmedju 40 i 50 %, za rastojanja h izmedju 5 i 20 mm, i da teži zasićenju.

3. ZAKLJUČAK

Optimizacija bilo kog parametra, pa i rastojanja izvor - - detektor zračenja, odnosno rasejavač - detektor, gama refleksionog merača debljine zahteva znatno kompleksniju analizu uticaja različitih parametara na karakteristike merača u pogledu tačnosti, brzine odziva i bezbednosti pri radu u pogledu na izlaganje jonizujućem zračenju. Izloženi rezultati, stoga, zajedno sa rezultatima analiza uticaja izbora energije zračenja i aktivnosti izvora zračenja, izbora tipa detektora zračenja i izbora modela elektronske obrade signala iz detektora zračenja, mogu ukazati na optimalno rešenje refleksionog merača debljine.

ABSTRACT

The chosen response time constant of the thickness gauge is, among the other parameters, a function of the detector-source distance. In this paper some results of the integral probability that the backscattered gamma photon will reach the detector and be detected, as a function of detector-source distance, are presented. The backscattered photon spectra and the shape of the detector response dependence upon the detector-source distance are, also, calculated.

LITERATURA

1. M.Nikolić, A.Filip, PRIMENA IZVORA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA, IBK, Beograd, 1978.
2. I.Draganić, RADIOAKTIVNI IZOTOPI I ZRAČENJA III, Beograd, 1963.
3. Н В Химченко, В.А. Бобров, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В ХИМИЧЕСКОМ И НЕФТЯНОМ МАШИНСТРОЕНИИ, Москва, 1978.
4. R.Pavlović, F.Boreli, NEANALOGNI METOD MONTE KARLO U ANALIZI SPEKTRA REFLEKTOVANOG GAMA ZRAČENJA, nepublikovan materijal (rad prijavljen za XIII JSZZ, Pula, 1985.)

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13 lipnja 1985.

Milić A., Obradović M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

MERNI SISTEM ZA NUKLEARNU SPEKTROSKOPIJU

U radu je prikazan merni sistem podesan za obavljanje najčešće traženih merenja pri radu sa raznim tipovima detektora radioaktivnog zračenja. Opisane su osnovne funkcije pojedinih delova sistema koji u svom sastavu sadrži linearni pojačavač, jednokanalni analizator, brojač - merač vremena i stabilizator visokog napona.

UVOD

Zahtevi koji se postavljaju elektronskim uredjajima pri merenju sa detektorima radioaktivnog zračenja zavise od tipa detektora uslova pod kojima se merenje vrši, funkcije koju pri merenju treba obaviti i načina na koji treba rezultate merenja prikazati ili obraditi. S obzirom na to zahtevi mogu biti veoma različiti i optimalno rešenje po nizu faktora pod odredjenim uslovima pružaju modularni sistemi koji omogućuju obavljanje najrazličitijih složenih funkcija medjusobnim povezivanjem modularnih jedinica.

U ovom radu je opisan merni sistem koji pruža mogućnost rada sa GM, proporcionalnim i scintilacionim brojačima. Kriterijumi pri projektovanju sistema su proistekli iz dosadašnjim iskustva sa ranije razvijenim i široko korišćenim uredjajima posebno skalerima SKT-3, STV-1 i STV-4. Neka nova proširenja mogućnosti i poboljšanja karakteristika su bila omogućena napretkom tehnologije a posebno svojstvima integrisanih kola koja su korišćena u uredjaju.

OPIS SISTEMA

Merni sistem IBK-106 omogućava merenje sa scintilacionim detektorima i GM brojačima. Sistem je izgradjen u modularnoj tehnici i sastoji se od linearnog pojačavača, jednokanalnog analizatora, brojača - merača vremena i stabilizatora visokog napona.

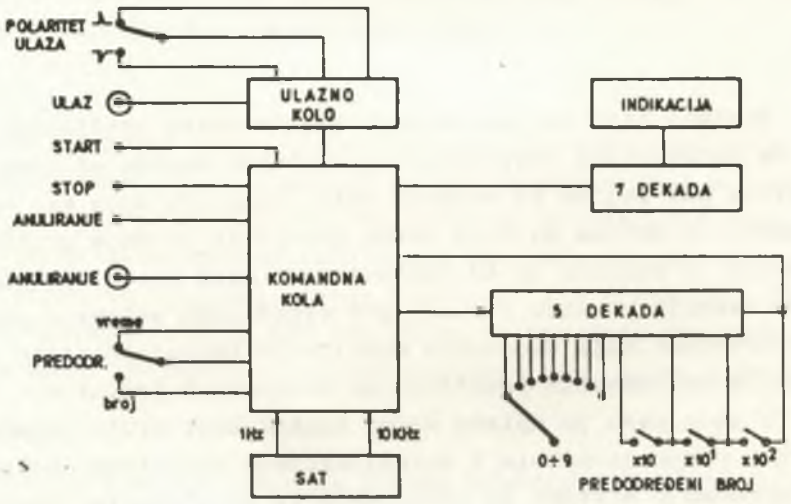
Brojač - merač vremena

Blok šema merača vremena prikazana je na sl.1.

Impulsi iz ulaznog kola dolaze u brojački deo uredjaja (sedam dekadnih brojača) preko komandnih kola, koja omogućavaju ovaj prolaz po prijemu ručne ili električne komande start. Uredjaj u svom sastavu ima merač vremena sa generatorom satnih impulsa stabilisanim kristalom kvarca.

U režimu kada uredjaj radi sa predodredjenim vremenom satni impulsi frekvencije 1Hz dovode se na poseban brojački sistem koji se može tako programirati da po prijemu željenog broja impulsa onemogući dalji prolaz impulsa iz detektora ka brojačkom delu uredjaja.

U režimu kada uredjaj radi sa predodredjenim brojem, merenje se prekida po prijemu predvidjenog broja impulsa iz detektora a na indikatorskom sistemu se čita vreme koje je bilo potrebno za prijem predodredjenog broja impulsa.



Sl.1.

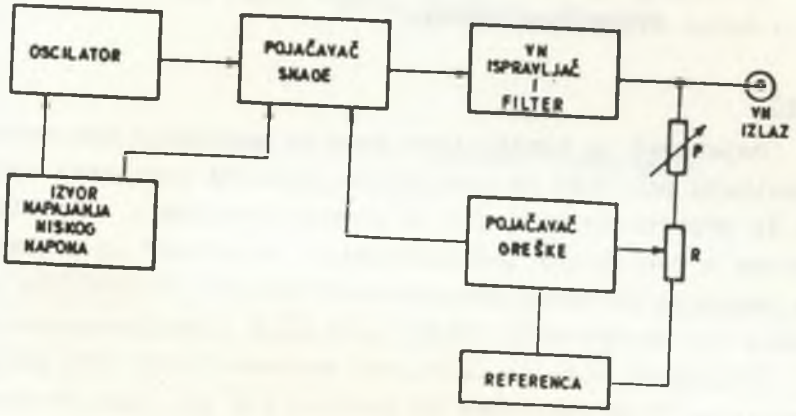
Izvor visokog napona

Stabilisani izvor napajanja visokog napona zadovoljava zahteve koji se postavljaju pri radu sa najčešće korišćenim tipovima detektora radioaktivnog zračenja.

Karakteristike stabilizatora zadovoljavaju zahteve koji se postavljaju u spektrometriji a raspoloživa struja je dovoljna za napajanje većine komercijalnih scintilacionih brojača. Radi održanja veće univerzalnosti pri korišćenju sa GM brojačem, na uredjaju

nije predvidjen izlaz sa ugradjenim radnim otpornikom, već se pri korišćenju jonizacionih brojača različitog tipa priključuje spolja odgovarajući adapter.

Blok šema stabilisanog izvora visokog napona prikazana je na sl.2.



Sl.2

Visoki napon se dobija ispravljanjem i filtriranjem pravouglih impulsa iz oscilatora. Impulsi koji se javljaju na izlazu oscilatora dovode se preko flip-flop-a na ulaz pojačavača snage. Pojačani signal sa sekundara transformatora se vodi na udvajač napona nakon čega se ispravlja i filtrira pomoću odgovarajućeg filtra i vodi na izlaz. Deo izlaznog napona se vodi na pojačavač greške na čiji drugi ulaz se dovodi referentni napon (5,6V). Kao rezultat poredjenja ova dva napona na izlazu pojačavača greške javlja se signal na osnovu koga se menja pojačanje pojačavača snage i to tako da uvek vrednost izlaznog napona odgovara postavljenoj vrednosti bez obzira na promenu opterećenja ili mrežnog napona.

Izlazni napon se podešava u skokovima po 200V i kontinualno unutar jednog opsega za 200V.

Indikacija visokog napona se vrši precizno pomoću posebnog mernog sistema. Vrednost napona je prikazana u digitalnom obliku koristeći četiri cifre i to direktno u voltima tako da nema potreba za bilo kako preračunavanje.

Jednokanalni analizator

Jednokanalni analizator je sačinjen korišćenjem savremenih integrisanih kola sa veoma preciznim nivoom diskriminacije. Tipična

promena nivoa dikriminacije je manja od 0,01%/°C. Pomoću preciznih helikoidalnih potenciometara sa odgovarajućim skalama gradiusanim u mV moguće je postaviti nivo diskriminacije od 0,1V do 10V ulaznog impulsa odnosno prozor od 0V do 10V.

Rezolucija je za nivoe diskriminacije veće od 100 mV bolja od 1 μs u celom dinamičkom opsegu.

Pojačavač

Pojačavač je konstruisan tako da zadovolji sve zahteve koji se postavljaju pri radu sa različitim tipovima detektora zračenja. Posebno je pogodan za upotrebu sa proporcionalnim i scintilacionim detektorima u nuklearnoj spectroskopiji. Pojačavač se odlikuje kratkim vremenom oporavka zahvaljujući kome se obezbedjuje velika rezolucija bez narušavanja dobre rezolucije proporcionalnog brojača.

Pojačavač može da radi bilo sa pozitivnim bilo sa negativnim impulsima čije amplitude ne prelaze 10V pri čemu je ulazna impedansa 1 kom. Ulazni impulsi se uobličavaju i impuls polu-Gausovog oblika koristeći odgovarajuća kola za diferenciranje i integrisanje. Vremenska konstanta diferencijanja se može podesiti tako da se mogu koristiti predpojačavači koji na svojim izlazima daju impuls čije vreme opadanja zadnje ivice je 40 μs ili veće.

Pojačanje pojačavača se može postaviti u skokovima od 12 do 1200 pri čemu se na izlazu javlja pozitivan impuls. Pojačavač je linearan u opsegu od 0 do 10V izlaznog impulsa pri čemu se zasićenje dobija pri 12V. Pored ovoga pojačavač se odlikuje malim šumom i velikom temperaturnom stabilnošću.

ABSTRACT

A system for nuclear spectroscopy suitable for the measurements with various types of the radiation detectors is presented. The system consists of a pulse amplifier, pulse height analyzer, scaler-timer and high voltage supply. Basic functions of the system are described.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10 - 13. jun 1985.

Drndarević V., Milić A., Koturović A.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Beograd

MIKROPROCESORSKI MONITOR ZRAČENJA PROŠIRENIH MOGUĆNOSTI

REZIME Korišćene su mogućnosti mikroprocesorske strukture kako za realizaciju osnovnog algoritma po kome se odredjuje srednja vrednost brzine brojanja impulsa, tako i za dobijanje drugih podataka koji obezbedjuju proširene mogućnosti monitora: registrovanje apsorbovane doze, indikaciju tendencije promene merene veličine, odredjivanje greške merenja i dr.

UVOD

Mikroprocesori su u savremenoj instrumentaciji postali sastavni deo svih instrumenata i mernih sistema pred koje se postavljaju kompleksni zahtevi, bilo u domenu neposredne obrade podataka ili u domenu njihovog registrovanja, predstavljanja ili daljeg slanja van neposredno posmatranog sistema. Uz jednostavnu konfiguraciju, značajno se proširuju mogućnosti i poboljšavaju karakteristike instrumenta, koje su prvenstveno odredjene ugradjenim programom. Posebna pogodnost ogleda se u mogućnostima jednostavnog obogaćivanja i zamene ovog programa.

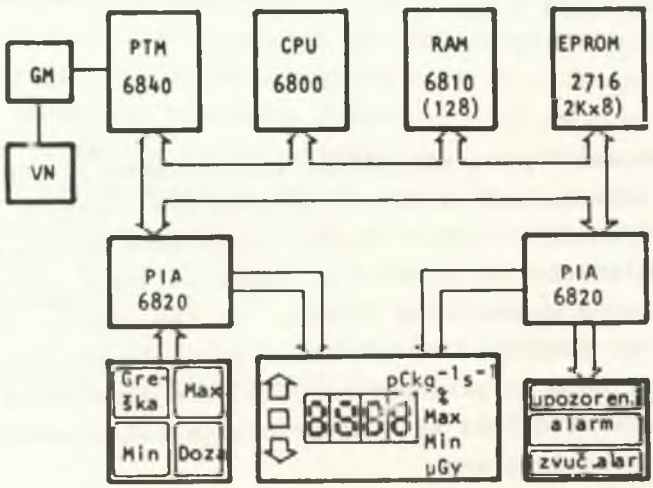
Merenje jačine ekspozicione doze, što predstavlja osnovni zahtev koji se pred monitor zračenja postavlja svodi se, uz odredjene korekcije, na izlažaenje brzine brojanja povorke slučajnih impulsa iz detektora. Podatak na osnovu jednokratnog merenja, standardno korišćen kod jednostavnih digitalnih rejtmetara, ne daje rezultat sa zadovoljavajućom tačnošću uz prihvatljivo vreme odgovora. Ovaj problem može se prevazići korišćenjem rezultata više merenja i odgovarajućih izračunavanja nad ovim skupom. U radu je korišćen pogodan algoritam za izračunavanje brzine brojanja koji se zasniva na skupu rezultata serije sukcesivnih merenja. Pored osnovnih funkcija realizovani monitor vrši izračunavanje i indiciranje greške merenja, pamti najmanju i najveću izmerenu vrednost,

upozorava na mogućnost skorog prekoračenja alarmnog nivoa, indicira tendenciju promene merene veličine i registruje apsorbovanu dozu zračenja.

STRUKTURA MONITORA

Kao što je već napomenuto, merenje jačine ekspozicione doze može se svesti na odredjivanje brzine brojanja, odnosno broja impulsa Nic u odredjenom vremenskom intevalu Tic. Struktura mikroprocesorskog sistema na kojoj se monitor zasniva mora biti takva da ovaj podatak prihvati, omogući sprovodjenje programa njegove obrade, pamćenje medjurezultata, prezentiranje rezultata, prihvatanje unetih instrukcija preko tastature i kompletnu kontrolu sistema.

Izneti zahtevi sugerišu strukturu monitora predstavljenu blok šemom na sl.1.



Sl.1. Blok šema monitora zračenja

Povorka impulsa iz GM cevi uvodi se u programabilni tajmerski modul PTM i njihov broj se registruje u jednom od tri raspoloživa 16-bitna brojača. Preostala dva koriste se za merenje vremena. Obrada nad raspoloživim podacima vrši se po usvojenom algoritmu. Kompletan rad monitora odvija se po programu smeštenom u EPROM kapaciteta 2 KB. Za čuvanje medjurezultata koristi se RAM kapaciteta 128 B.

Pored rezultata i odgovarajuće jedinice, na displeju mogu biti prikazane najmanja i najveća izmerena vrednost, greška merenja

kao i apsorbovana doza. Indikacija tendencije merene veličine je kontinualna. Premašenje alarmnog nivoa indicira se svetlosno i zvučno, a upozorenje da će merena veličina uskoro dostići alarmni nivo samo svetlosno.

Komuniciranje preko tastature kao i predvidjene indikacije obavljaju se preko programabilnih interfejsa PIA.

PROGRAMSKA PODRŠKA

Iznalaženje srednje vrednosti brzine brojanja odnosno jačine ekspozicione doze kod realizovanog monitora zasniva se na korišćenju serije merenja od k=8 članova, čime se poboljšava tačnost uz očuvanje kratkog vremena odziva. Usvojeni "prigušeni" step algoritam, detaljno obrazložen u ref.1., može se izraziti sledećim relacijama:

$$Ren = \frac{(k-n)N_{1c} + \sum_{1}^{n} Nic}{(k-n)T_{1c} + \sum_{1}^{n} Tic} \quad , \text{ za } \quad n \leq k \qquad (1)$$

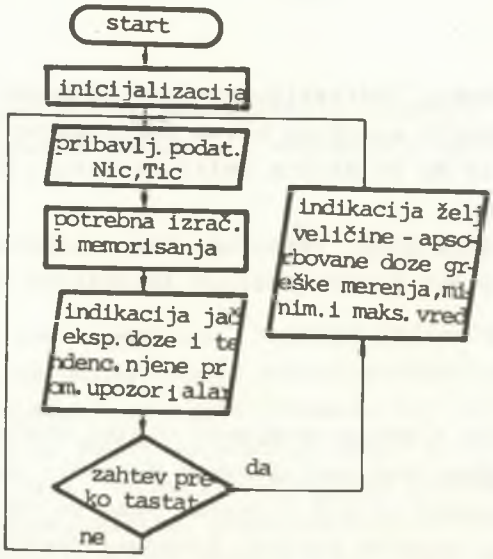
$$Ren = \frac{\sum_{n-k+1}^{n} Nic}{\sum_{n-k+1}^{n} Tic} \quad , \quad \text{za } n > k \qquad (2)$$

Kada je $|Rpn - Re,n-1| > \theta \quad , \theta = f(\sigma)$ (3)

uzeti n = 1 i vratiti se u jednačinu (1), pri čemu je $Rpn = Nin/Tin$ a σ standardna devijacija.

Lako se zaključuje da za male promene merene veličine ovaj algoritam daje rezultate slične linearnom, dok se u slučaju značajnijih promena izraženih zadovoljavanjem nejednakosti (3), trenutno prelazi na stvarnu vrednost da bi se u merenjima koja slede vršilo ponovno usrednjavanje.

Uprošćeni dijagram toka rada monitora koji predstavlja njegovu programsku podršku i prema kome je napravljen program upravljanja radom mikroprocesora kao i njegovih perifernih jedinica -programabilnog tajmerskog modula (PTM), cifarskog displeja, svetlosnih indikatora tendencije promene merene veličine kao i svetlosnih i zvučnih indikatora alarma, dat je na sl.2.



Sl.2. Dijagram toka rada monitora

ZAKLJUČAK

Jedno rešenje monitora zračenja proširenih mogućnosti, realizovanog na bazi mikroprocesora, izloženo je u ovom radu. Realizacija relativno komplikovanog algoritma i niza dodatnih korisnih funkcija, čije je ostvarivanje uz pomoć klasičnih rejtmetarskih struktura nije moglo obaviti, relativno jednostavno je omogućena upotrebom mikroprocesora. Tako je dobijen mikroprocesorski monitor proširen vrlo korisnim mogućnostima a jednostavan za rukovanje.

Uvodjenje tastature, što zahteva neznatne strukturne i programske izmene, može se postići mnogostruka fleksibilnost sistema, premda bi tada instrument postao komplikovaiji za rukovanje.

ABSTRACT The possibilities of microprocessor based structures are used for the realization of the basic algorithm that might serve to obtain data of average count rate as well as for geting further informations which provide additional fecilities of the monitor: memorizing of absorbed dose, indication of tendency of rate change, calculating of the error eto.

LITERATURA

1. Koturović,A.M: The Rate Estimation of Random Pulse Trains by Microprocessor Ratemeter, Proceedings of IMECO, Bressanone 1984, p.223-8
2. Milić A.: Mikroračunar za izračunavanje standardne devijacije MASD-1, VII Simpozijum iz informatike, Jahorina 1983 st.171-6.
3. Motorola M6800 Microprocessor Application Manual

XIII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja
Pula, 10-13 juni 1985.

Orlić M. i Kaljević J.
Vojnotehnički institut - Beograd

MIKRODOZIMETRIJSKI ASPEKT RADIJACIONE OTPORNOSTI INTEGRISANIH KOLA

Razmotrena je mogućnost primene mikrodozimetrijskih modela za ocenu radijacione otpornosti integrisanih kola. Kao najpogodnija za primenu pokazala se dozno zavisna z-distribucija. Definisana je granična vrednost specifične energije kao jedini parametar u modelu.

1. U V O D

Danas se sve veći broj uredjaja koristi u uslovima izloženosti nuklearnom zračenju (nuklearni reaktori, kosmička istraživanja i vojna instrumentacija). Najčešće se radi o poluprovodničkim napravama. Buran razvoj mikroelektronike doveo je zadnjih godina do razvoja integrisanih kola LSI (large scale integration) i VLSI (very large scale integration). Pokazalo se da su ova kola dosta osetljiva na nuklearno zračenje, što je dovelo do intenzivnog teorijskog i eksperimentalnog izučavanja ovog fenomena. Cilj istraživanja nije bio samo izučavanje mehanizma degradacije karakteristika poluprovodnika, već i iznalaženje načina za povećanje njihove radijacione otpornosti /1/.

Pošto se kod integrisanih kola LSI i VLSI radi o mikrostrukturama (npr. tranzistor), čije su tipične dimenzije reda mikrona, proces predaje energije osnovnom materijalu karakteriše se znatnim fluktuacijama. Pri dozi od 1 Gy, ovu vrednost neće primiti sve mikrostrukture, što zavisi od vrste zračenja (gama zraci, neutroni), njegove energije i dimenzija mikrostruktura. Kako je to predmet izučavanja mikrodozimetrije, logično se nameće potreba njenog uključenja pri objašnjavanju radijacione otpornosti integrisanih kola.

2. Z-DISTRIBUCIJA

Postoji nekoliko stohastičkih veličina koje se koriste u mikrodozimetriji. Za potrebe ovog rada najpogodnija je specifična energija z. Ona se definiše kao odnos predate energije $\mathcal{E}$ u elementu zapremine dV i mase tog elementa m

$$z = \mathcal{E} / m .$$

Predata energija (energy impared) $\mathcal{E}$, data je izrazom

$$\mathcal{E} = \sum \mathcal{E}_{in} - \sum \mathcal{E}_{ex} + \sum Q$$

gde je $\sum \mathcal{E}_{in}$ - suma kinetičkih energija svih direktno ili indirektno jonizujućih čestica koje udju u elemenat zapremine dV, a $\sum \mathcal{E}_{ex}$ - suma kinetičkih energija svih direktno ili indirektno jonizujućih čestica koje izadju iz elementa zapremine dV i $\sum Q$ - suma svih oslobodjenih energija minus suma svih energija utrošenih pri bilo kakvim nuklearnim transformacijama jezgara i elementarnih čestica koje se jave u posmatranom elementu zapremine. Poslednji član se najčešće zanemaruje.

Specifična energija, kao stohastička veličina karakteriše se funkcijama distribucije. Integralna funkcija distribucije $F_D(z)$ predstavlja verovatnoću da specifična energija u nekom mikrodomenu bude manja od vrednosti z

$$F_D(z) = P(z' \leq z)$$

Odgovarajuća gustina distribucije data je izrazom

$$f_D(z) = dF_D(z)/dz$$

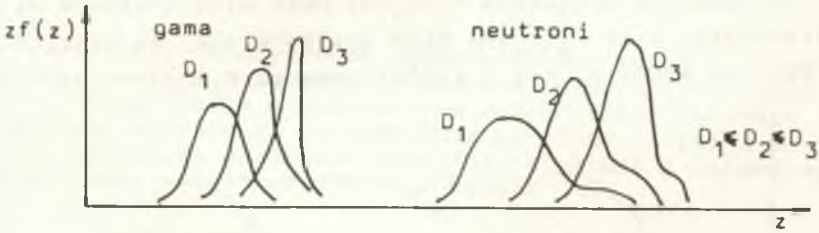
Ona je normalizovana pa važi

$$\int_0^{z_0} f_D(z)dz = 1$$

Funkcija $f_D(z)$ izražava verovatnoću da se od ukupnog broja mokrostruktura, u jediničnom intervalu oko vrednosti z, nadje frakcija $f_D(z)$ mikrostruktura. Često se naziva z-distribucija. Indeks D ukazuje na njenu zavisnost od doze zračenja.

Funkcija $f_D(z)$ za date uslove ozračenja (materijal, vrsta i energija zračenja,...), može se ili izračunavati /2/ ili eksperimentalno odredjivati /3/. Najveći proj podataka odnosi se na meko tkivo jer se koncept mikrodozimetrije primenjuje za odredjivanje RBE zračenja.

Na sl.1 kvalitativno je prikazana zavisnost z distribucije u silicijumu za gama i neutronsko zračenje date energije pri različitim dozama.



Sl.1 Z-distribucija gama kvanata i neutrona u silicijumu pri različitim dozama

Dimenzije mikrostruktura zavise od vrste integrisanih kola. Za MOS integrisana kola izložena gama zračenju, najosetljiviji elemenat predstavlja sloj SiO_2, jer prostorno naelektrisanje u njemu izaziva promenu I-U karakteristike kod tranzistora ili C-U karakteristike kod kondenzatora, što dovodi do narušavanja radnog režima i samog kvara. Zapremina sloja SiO_2 je reda $1o^{-1o}$ cm^{+3}, što ne znači da je tolika i zapremina mikrostruktura. Ona je reda mikrona.

3. MIKRODOZIMETRIJSKI MODEL

Mikrostrukture kod integrisanih kola ne predstavljaju živu materiju pa se mogu koristiti prostiji mikrodozimetrijski modeli. Može se smatrati da će neki mikrodomen (npr. tranzistor) biti radijaciono oštećen (uništen) samo ako je primio specifičnu energiju z_o ili veću. Ukoliko procesi koji dovode do oštećenja nisu reverzibilni, nije bitno da li je mikrodomen tu energiju primio u jednoj ili više nuklearnih interakcija, pa se u razmatranje može uključiti i doza zračenja. Za reverzibilne procese takodje se može definisati z_o, ali samo preko predaje energije kroz jednu interakciju.

Ako je poznata distribucija $f_D(z)$, onda je verovatnoća da neki

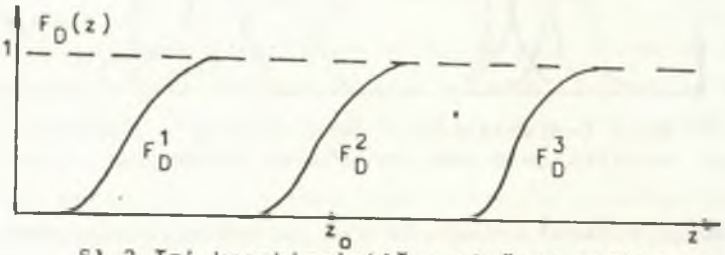
mikrodomen bude uništen data izrazom

$$p(D) = \int_{z_o}^{\infty} f_D(z)dz$$

a verovatnoća da ne bude uništen, izrazom

$$q(D) = \int_{0}^{z_o} f_D(z)dz = F_D(z_o) = 1 - p(D)$$

Odavde je jasno da u slučaju $F_D(z_o)=1$ neće biti uništena ni jedna mikrostruktura, a za $F_D(z_o)=0$ biće uništene sve. Na slici 2 prikazana su ova dva slučaja, kao i slučaj kada se $F_D(z_o)$ nalazi izmedju 0 i 1.



Sl.2 Tri karakteristična slučaja uništenja mikrostruktura.

U ovom jednostavnom modelu kao jedini parametar figuriše z_o, koja nije uvek poznata. Njeno odredjivanje može da bude problem.

Abstract

MICRODOSIMETRYC ASPECT OF INTEGRATED CIRCUITS RADIATION HARDERING

The simple microdosimetryc model aplicability for integrated circuits radiation hardering estimation has been considered. It seems that the z-distribution is the best choice. The only parameter - limit specific energy is defined.

L I T E R A T U R A

/1/ DEISTVIE PRONIKAJUŠČEI RADIACII NA IZDELIJA ELEKTRONNOI TEHNIKI, red. Ladigin E.A., Moskva,"Sovetskoe radio",1980.

/2/ Orlić M., Z-distribucija neutrona u mekom tkivu, XII Jugoslavenski simpozijum o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983.

/3/ Srdoč D., Microdosimetry of gamma and neutron radiation state-of-the-art and recent experimental data, XI regional congress of IRPA, Austrian-Hungarian-Yugoslavian radiation protection meeting, Vienna, 1983.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985. godine

Benderać R, Veličković D, Ristić D.
Prirodno-matematički fakultet, Beograd
Institut za NN "Boris Kidrič" Vinča, OOUR Zaštita

EFIKASNOST METODE VARNICE ZA DETEKCIJU ALFA-EMITERA U VODENIM RASTVORIMA PUTEM ČVRSTIH DETEKTORA TRAGOVA

REZIME: Ispitivana je mogućnost primene metode varnice za automatsko brojanje gustine tragova alfa-čestica putem ultra-tankih trag detektora, eksponiranih u vodenim rastvorima uranil-acetata. Vrše na su uporedna merenja na varničniku i optičkom mikroskopu. Odredjivana je optimalna preostala debljina detektora i reproducibilnost brojenja za različite površine elektroda.

Uvod

Čvrsti detektori tragova imaju široku primenu u raznim oblastima naučne delatnosti (1). Mogućnost njihove široke primene zasniva se na nekim detekcionim karakteristikama što im daje prednost pri mene nad drugim detektorima nuklearnog zračenja.

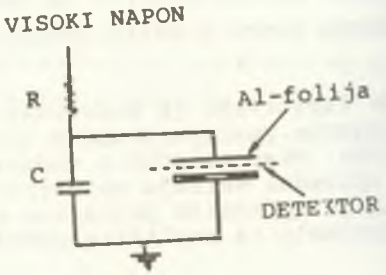
Danas postoji više metoda za automatsko i poluautomatsko skaniranje čvrstih detektora tragova. Glavni cilj svih postojećih metoda je što jednostavnije i tačnije brojanje tragova po jedinici površine. Kod primene ultratankih NC-detektora, nagrižene tragove možemo posmatrati kao kanale (rupe), što većina automatskih tehnika koristi za njihovu detekciju (sl. 1a). Ove tehnike se zasnivaju na propuštanju (transmisiji) "nečega" kroz nagrižene tragove (2). Zatim, problem se sastoji u merenju "onoga" što je prošlo kroz njih, ili da "nešto" što je prošlo, proizvede fenomen koji se može lako detektovati. Zbog prirode traga, "nešto" je u najširem smislu reči, neki aktivni fluid: gas, hemijski rastvor, elektricitet, svetlost i dr. Jedna od najčešće korišćenih automatskih metoda za skaniranje čvrstih detektora tragova je metoda varnice, koja je našla široku primenu jer se pokazalo da je efikasna, brza, pouzdana i ne zahteva suviše skupu opremu (sl. 1b).

Eksperimentalni deo

U našem dosadašnjem radu brojanje tragova vršeno je mikroskopskom metodom, što predstavlja vrlo dug i zamoran posao (3). Posebne teškoće se javljaju pri brojanju vrlo niskih gustina tragova, jer u

cilju povećanja osetljivosti metode potrebno je skanirati što veće površine. Za brojanje gustina tragova do 10^4 t/cm^2 najefikasnija je primena metode varnice. U našem radu brojanje tragova vršeno je na varničniku razvijenom u Institutu "Jožef Štefan" Ljubljana i optičkom mikroskopu "Leitz".

(a)



(b)

Sl. 1. a) Mikrofotografski snimak tragova alfa-čestica u ultra tankom NC-detektoru. Uvećanje 250 x

b) Shematski prikaz metode varnice.

Za detekciju alfa-emitera u vodenim rastvorima korišćen je detektor LR 115 tip 2, a u toku je laboratorijska izrada ultra tankih NC detektora za istu namenu. Detektor LR 115 tip 2 (13 μm) skidan je sa nosača i vezan za poliester ram (125 μm). Vezivanje je vršeno osnovnim rastvorom nitroceluloze koji se koristi za laboratorijsku izradu NC-detektora.

Ozračivanje je vršeno u vodenom rastvoru uranil-acetata (C=1000 μg/ml), u različitim vremenskim intervalima, što je omogućilo praćenje efikasnosti primene elektroda različitih površina (d=7 mm; 10 mm i 20 mm).

Nagrizanje je vršeno u 10% vodenom rastvoru KOH na temperaturi od 60°C.

Preostala debljina detektora odredjivana je putem dobijenih rezultata za broj varnica/cm^2 ozračenog i neozračenog detektora, koji su nagriženi pod istim eksperimentalnim uslovima.

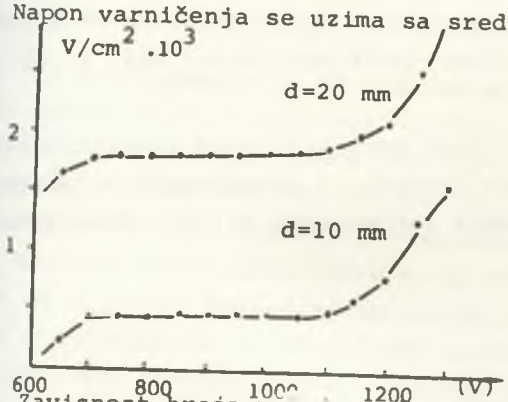
Gustina tragova merena mikroskopskom metodom vršena je pre brojanja na varničniku i odredjivana je kao srednja vrednost od 200 vidnih polja, na jednakim površinama detektorske folije.

Rezultati i diskusija

Skidanje detektora LR 115 tip 2 sa nosača pokazalo se efikasnije zbog prirode eksperimenta (energetska osteljivost NC - detektora duplo skraćenje vremena eksponiranja - što je vrlo bitno za niske koncentracije alfa emitera, kao i pravilnije obrazovanje rupa - tragova). Ovo je u saglasnosti sa rezultatima koje su dobili Najžer i Ilić (1), primenom istih detektora u druge svrhe (neutronska radiografija). Odredjivan je fon ovih detektora i za preostalu debljinu od 5,0±0,5 /um iznosi $N_f=(57\pm6)$ t/cm^2. Ovako visok fon detektora zavisi od proizvodnje i neophodno je njihovo detaljnije praćenje za niske gustine tragova.

Utvrdjeno je da pri istim eksperimentalnim uslovima, svi nagriženi detektori nemaju isti iznos preostale debljine, što utiče na plato varničenja i promenu vrednosti napona varničenja.

Na slici 2. data je zavisnost broja varnica od napona (V), za razlitiče elektrode (d=10 mm i 20 mm), istog uzorka detektorske folije. Napon varničenja se uzima sa sredine platoa.



Sl. 2. Zavisnost broja varnica od napona (V) posle 4 puta probijanja, za elektrode d=10 i 20 mm

Odredjivani nagib platoa za elektrode d=10 i 20 mm iznosi oko 3% i 1% po 100 V na sredini platoa, repsektivno. Razlika u očitanom broju tragova sa visokonaponskim elektrodama $P_1=3,14$ cm^2 i $P_2=0,785$ cm^2 manje je od 2%. Reproducibilnost brojanja tragova (na radnoj tački koja se nalazi na sredini platoa) kreće se u granicama ±2%.

ZAKLJUČAK

Metoda varnice pruža neuporedivo šire mogućnosti u odnosu na metodu optičke mikroskopije za brojenje niskih gustina tragova. Najbolja reproducibilnost brojanja je postignuta sa elektrodom d=20 mm, za merenje veoma niskih koncentracija alfa-emitera u vodenim rastvorima.

ABSTRACT:

The efficiency of the sparking technique for detection of alpha-emiters in water using LR 115 type 2 film was experimentaly investigated. The optimum residual foil thichnesses and sparking voltage were determined. The sensitivity of sparking technique for detection of alpha-emiters in water has great potential.

Literatura:

1. Najžer M, Ilić R, Remec I. (1979): Enhancement of track-etch image by the sparking technique, $SSNTD_s$-Proceedings of the 10th International Conference, Lyon.

2. Somogyi, G. etal, (1977): Automatic spare counting of alpha-tracks in plastic foils, Nuclear Track Detection, Vol. 1, No2 pp 131-138.

3. Benderać R, (1984): Detekcione karakteristike laboratorijski iz radjenih čvrstih detektora tragova, I Savetovanje o izlaganju prirodnom zračenju i proceni radijacionog rizika, Kragujevac.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. lipnja 1985.

Šobajić M.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

MOGUĆNOSTI PRIMENE ELEKTROMETRIJSKIH AKTIVNIH ELEMENATA U INSTRUMENTACIJI ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

SADRŽAJ: U radu su analizirane osnovne bitne karakteristike aktivnih elektrometrijskih elemenata: elektrometriskih cevi, tranzistora sa efektom polja (JFET) i tranzistora sa izolovanim gajtom (IGFET). Izvršeno je poredjenje njihovih graničnih mogućnosti sa aspekta primene u instrumentaciji za zaštitu od zračenja.

UVOD

U instrumentaciji za zaštitu od zračenja široku i značajnu primenu imaju uredjaji koji kao detektore koriste jonizacione komore. Osnovno ograničenje kod izbora ovih detektora je zahtev za merenjima ekstremno malih jednosmernih struja što dovodi do brojnih problema u realizaciji a često i kasnije u eksploataciji uredjaja (1). Jedine ulazne aktivne elektronske komponente koje su omogućavale ovakva merenja do polovine sedamdesetih godina bile su elektrometarske cevi. I danas u najvećem broju postojećih radioloških uredjaja sa jonizacionom komorom, posebno u našoj zemlji, ugradjene su elektrometarske cevi. Poslednjih godina ove cevi su potiskivane savremenijim elektronskim aktivnim elementima: tranzistorima sa izolovanim gejtom i tranzistorima sa efektom polja.

Često se postavlja pitanje: da li tranzistori mogu u potpunosti da zamene elektrometarske cevi? Koji su aktivni elektronski elementi, u kom pogledu i za koje primene bolji? Da li je moguće u postojećoj dozimetrijskoj instrumentaciji, ako se pojavi potreba, izvršiti zamenu ulaznih aktivnih elemenata savremenijim. U ovom kratkom tekstu je pokušano, da se korišćenjem iskustva stečenog u radu sa ovim komponentama, bar delimično odgovori na navedena pitanja.

Elektronske cevi

Osnovne karakteristike subminijaturnih elektrometarskih cevi tipa CK5886 i ЭМ-7 date su u Tabeli I.

Tabela I

Ulazni aktivni element	CK5886	ЭМ-7
Napon grejnog vlakna	1,25V	1V
Struja grejnog vlakna	10 mA	18 mA
Anodna struja	6 μA	250 μA
Strmina cevi	14 μA/V	80 μA/V
Struja rešetke	3.10^{-15}A	5.10^{-14}A
Dužina cevi	38 mm	43 mm
Prečnik cevi	10 mm	10 mm

Elektrometarska pentoda CK5886 je proizvodnje Keithley iz SAD-a a elektrometarska pentoda ЭМ-7 iz SSSR-a. Pretstavljaju najbolje tržištu ponudjene komponente iz navedenih zemalja. Uporedjenjem njihovih karakteristika vidi se da cev CK5886 ima prednost u pogledu manje struje rešetke a cev ЭМ-7 prednost u pogledu veće strmine. Ostale karakteristike su približno slične. S obzirom na zavisnost struje rešetke od radnog režima cevi, odnosno od prednapona u svakom konkretnom elektrometarskom kolu, moguće je ostvariti za jedan do dva reda veličine manje struje rešetke od vrednosti datih u Tabeli I.

Elektrometarski poluprovodnički elementi

A) Tranzistori sa izolovanim gejtom (MOS FET) imaju ulaznu otpornost u širokom području od 10^{12}oma do 10^{16}oma. Posebno konstruisani tranzistori (2) imaju struju gejta reda veličine 10^{-17}A. Tranzistori sa izolovanim gejtom nisu kao elektrometarske cevi namenjeni samo za elektrometarska merenja, već imaju mnogo širu primenu. Većina tipova ovih tranzistora nije podesna za elektrometarska merenja zbog relativno male ulazne otpornosti zaštićenih tranzistora. Iz karakteristika koje daju proizvodjači ne može se zaključiti koji je tip tranzistora pogodan za primenu već je neophodno da sam projektant izvrši ispitivanje niza tipova, i velikog broja komponenata, i donese zaključak o njihovim performansama. Ova činjenica znatno otežava primenu tranzistora sa izolovanim gejtom u elektrometarskim uredjajima. Najbolja karakteristika tranzistora, velika ulazna otpornost, je istovremeno i njihova slaba tačka, jer je ova otpornost praktično nezavisna

od primenjenog napona zbog čega lako i često dolazi do stvaranja prenapona i delimičnog ili potpunog otkaza tranzistora. Poslednjih godina postignuti su zadovoljavajući rezultati u zaštiti tranzistora od probojnog napona (3). U postojećoj dozimetrijskoj instrumentaciji, nabavljenoj iz inostranstva, brojni su slučajevi otkaza uredjaja zbog proboja tranzistora.

B) Tranzistori sa spojem kao gejtom (JFET) imaju dva do tri reda veličine veću ulaznu struju od tranzistora sa izolovanim gejtom. Ulazna struja ovih tranzistora je temperaturno nestabilna ali je zakonitost njene promene sa temperaturom poznata iz teorijskih razmatranja a definisana je i u katalozima proizvodjača. Kada se primene u ulaznom kolu elektrometarskog pojačavača, tranzistori sa spojem kao gejtom, izradjeni u parovima i inkapsulirani u jednom kućištu, pokazuju se tačke gledišta naponskog drifta pojačavača praktično idealnu vremensku i temperaturnu stabilnost. Ovi tranzistori imaju apsolutnu prednost u odnosu na sve druge elektrometarske aktivne komponente samo za primene kada se mere struje veće od 10^{-11}A. Elektrometarski pojačavači koji koriste tranzistore sa spojem kao gejtom izradjuju se u integrisanoj tehnici, imaju malu potrošnju električne energije i podesni su za prenosne instrumente.

Minijaturni elektrometarski pojačavači

Najveći broj elektrometarskih pojačavača za svaku konkretnu primenu, zavisno od uslova i zahteva, posebno se projektuje od diskretnih komponenata. Time se postižu optimalne performanse u pogledu napona napajanja, potrošnje električne energije, ulaznih karakteristika, itd. Postoje i minijaturni gotovi elektrometarski pojačavači koji se mogu nabaviti od proizvodjača. U Tabeli II su dati osnovni podaci za dva tipa pojačavača koji imaju vrhunske performanse.

Tabela II

	sa tranzistorima sa izolovanim gejtom	sa tranzistorima sa spojem kao gejtom
Proizvodjač	Keithley	Analog Devices
Tip pojačavača	K302	AD515
Ulazna struja	10^{-14}A	$7{,}5\times10^{-14}$A
Drift ulazne struje	udvostručava se svakih 5°C	udvostručava se svakih 5°C
Drift ulaznog napona	150 μV/°C	25 μV/°C
Napon napajanja	± 15V	± 15V

	1	2
Potrošnja struje	5 mA	1,5 mA
Dimenzije	18mmx25mmx25mm	Kućište TO-99

ZAKLJUČAK

Kada se od uredjaja zahteva merenje ekstremno malih jednosmernih struja moraju se koristiti elektrometarske cevi ili tranzistori sa izolovanim gejtom. U pogledu graničnih mogućnosti ovi elemeni su slični. Sa njima je moguće odgovarajućim izborom radnog režima ostvariti da su ulazne odvodne struje reda veličine 10^{-14}A do 10^{-17}A. U postojećim elektrometrijskim uredjajima prelazak sa jednog tipa aktivnih elemenata na drugi tip (sa cevi na tranzistore ili obrnuto) zahteva bitne promene u elektronskim kolima.

Tranzistori sa spojem kao gejtom (JFET) u uslovima kada se ne zahtevaju merenja struja manjih od 10^{-11}A u apsolutnoj su prednosti u odnosu na druge aktivne komponente. Elektrometarski pojačavači koji koriste tranzistore sa spojem kao gejtom izradjuju se u integrisanoj tehnici, imaju malu potrošnju električne energije i podesni su za prenosne instrumente.

ABSTRACT

The basic characteristics of electrometer tubes, junction and field effect transistors when used as electrometer devices are discussed. The short parallel analyses of their application in radiation protection instrumentation i given.

LITERATURA

1. Iljukovič A.: "Tehnika elektrometrii", Energija, Moskva 1976.

2. Negro V.: "A guarded insulated gate field effect electrometer", IEEE Transactions on Nuclear Science, Feb.1967., pp.135-142.

3. Damljanović D., Arandjelović V., Šobajić M.: "Zaštita ulaza pojačavača malih jednosmernih struja diodama GaAsP", XIII konferencija ETAN-a, Maribor, 1079., str. 57-63.

8. sekcija: N E I O N I Z I R A J U Ć A Z R A Č E N J A

XIII. JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Volf D.

Zavod za animalnu fiziologiju, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

MOGUĆNOSTI PRIMJENE JEDNOG POLUVODIČKOG SENZORA U DETEKCIJI I MJERENJU BETA- I GAMA-ZRAČENJA

Terenski rad na problematici zaštite od ionizantnog zračenja, i drugim vrstama terenskih istraživanja, iziskuje da detektorski i mjerni uredjaji budu što manji, lakši i kompaktniji i da, uz sve te odlike, imaju dovoljno visok stupanj osjetljivosti. Takodjer je poželjno da takovi detektori budu "univerzalni", tj. da mogu detektirati i mjeriti različite vrste ionizantnog zračenja.

Sve gore spomenute osobine detektorskih i mjernih uredjaja mogu se postići na osnovi jednog poluvodičkog senzora (Si) (pronalazak, D.Volf), koji se inače proizvodi u posve druge svrhe, a ne za detekciju ionizantnog zračenja. Najvažnije svojstvo toga senzora, uz odgovarajuću elektroniku, jest da isti daje zanemarujuće mali broj "background" signala ($<10/h$) uz istovremeno mikrogrejsku (μGy) osjetljivost u detekciji beta- i gama-zračenja. Tako ovaj neznatan "background" omogućava da se bez ikakva oklopljavanja senzora olovom detektira radioaktivnost kalijevih spojeva (KCl) za faktor 2-3 u odnosu na "background".

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula 10-13 juni 1985.

Lazarević V.
Boreli F.
Stojanović M.
Glišović D.*

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča - Beograd
*Vojnotehnički institut - Beograd

BRZI MILIVOLTNI DISKRIMINATOR SA UNIPOLARNIM NAPAJANJEM MALE POTROŠNJE

Kod milivoltnog diskriminatora javlja se redovno problem stabilnosti nivoa diskriminacije , (koji može biti u blizini nivoa šuma) a koji se menja sa brojem impulsa na ulazu. Zbog toga je osnovnom diskriminatorskom kolu IC_1, pridodat je komparator IC_2, čiji su izlazi paralelno spojeni (sl.1.). na ovaj način postiže se da se referentni nivo diskriminatora može postaviti u neposrednoj blizini šuma. Na definisanost i stabilnost diskriminacionog nivoa utiče regularnost impulsa (tj. bez defekta) i bliskost dva susedna impulsa, što se sve javlja pri velikom broju impulsa. Izgledi impulsa bez, i sa, defekta su prikazani na sl.1. Ponavljanje i odnos trajanja impulsa je dato na sl.2. Da bi se eliminisala promena nivoa diskriminacije na osnovnom diskriminatorskom kolu izvedenaje pozitivna povratna sprega koja se sastoji iz dve grane: u jednoj grani se nalaze pasivni elementi R_6 i C_5, a u drugoj grani nalazi se aktivni elemenat tranzistor Q_1 Tranzistor Q_1 obavlja tri funkcije. 1. kao element pozitivne povratne sprege ubrzava vreme prebacivanja komparatora. 2. Vrši brzo ispražnjenje kondenzatora C_1 i na taj način dovodi osnovni nivo na predhodnu vrednost. 3. Ubrzava vraćanje komparatora u stacionarno stanje.

Kad negativni impuls predje referentni nivo na izlazu komparatora pojavljuje se negativni impuls koji se diferencira sa R_4 i C_4; na ovaj način se vrlo kratko vreme drži otvoren tranzistor, i tako prisiljava komparator da se vrati u stacionarno stanje.

Maksimalan broj impulsa u sekundi je odredjen sa 50% od odnosa vremena trajanja i ponavaljanja impulsa. Odnos trajanja impulsa je definisan na sledeći način:

$$TI\% = W \times R \times 100\%$$

gde je W širina impulsa na nivou osnovne linije, a R je ulazni broj impulsa u s. Na sl.5. prikazan je uticaj povratne sprege na stabilnost nivoa diskriminatora kod spektra ^{57}Co koji je dobijen mernom sondom sa Si PPD.

Abstract

A fast discriminator of low power in the mV range with a unipolar supply is described.

The discrimination level instability is a regular problem in the mV discriminator circuits. To make it stable a positive feedbach is introduced via two branches: one transistor and a passive RC element. Transistor performs the following functions:1. it speeds up the transition of the comparator; 2. it discharges the condenser C_1 and brings the level to the starting value; 3. it speeds up the comparator to the off state.

Literatura:

1. C.A.B. Correia,IEEE Trans. on Nucl. Sci. 1978, Vol. NS-25 No.1

2. K.W.Renner,IEEE Trans. on Nucl. Sci. Vol. NS-28, Nc.1, 1981

3. M.O.Bedwll,IEEE Trans. on Nucl. Sci. Vol. NS-25, No.1, 1978

Tekst uz slike

za rad: Brzi milivoltni diskriminator sa unipolarnim napajanjem male potrošnje.

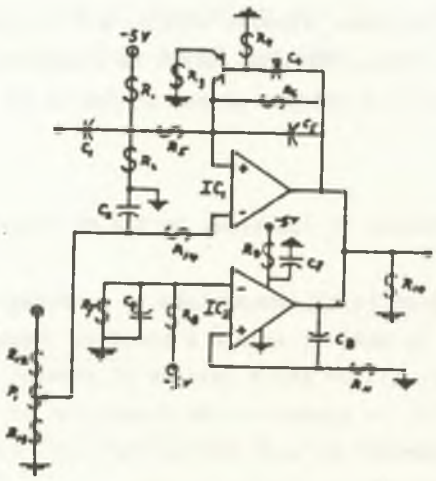
Sl. 1. Šema diskriminatorskog kola

Sl. 2. Impulsi bez defekta (a) i sa defektom (b)

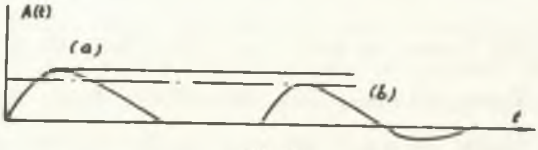
Sl. 3. Odnos trajanja impulsa dat je C_1/C_2

Sl. 4. Principijelna šema diskriminatora.

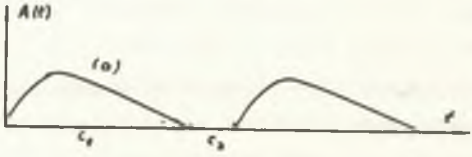
Sl. 5. Uticaj navedene povratne sprege na rad diskriminatora. Prag diskriminacije je podešen na 10 keV. Spektar gama zračenja ^{57}Co.
(a) sa povratnom spregom
(b) bez povratne sprege



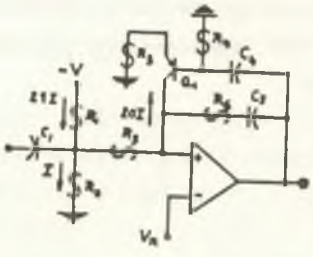
Sl. 1.



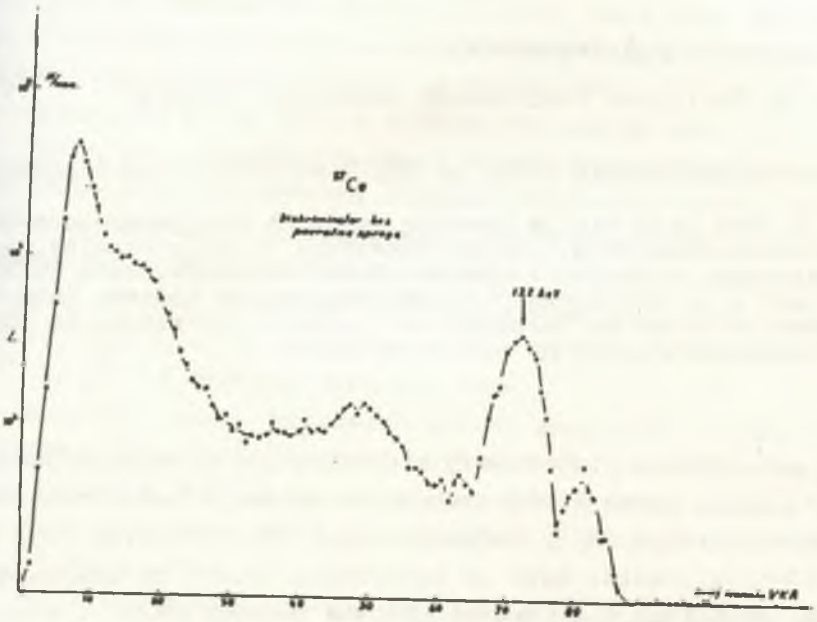
Sl.2.



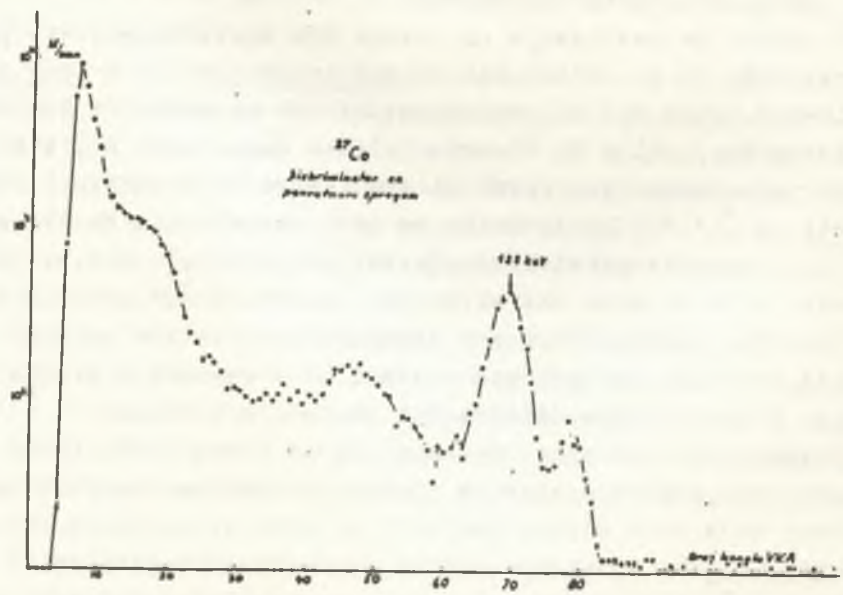
Sl. 3.



Sl. **4.**



S1.5.b.



S1.5.a.

XIII JUGOSLOVENSKI SIPOZIJUM O ZAŠTITI OD ZRAČENJA
Pula, 1o-13.06.1985.

Jelena Simonović i R.Radovanović

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

OSNOVNE HIGIJENSKE NORME ZA RAD S NEJONIZUJUĆIM ZRAČENJEM

Rezime. U ovom radu dat je predlog osnovnih higijenskih normi za rad sa niskofrekventnim, radiofrekventnim i mikrotalasima, zatim za infracrveno, vidljivo i ultravioletno zračenje, kako za koherentne tako i za nekoherentne elektromagnetske talase. Isto tako predložene su norme za industrijsku primenu ultrazvuka za lica koja profesionalno rade sa ovim zračenjem.

Uvod

Po uobičajenoj higijenskoj klasifikaciji u nejonizujuće zračenje (NJZ) (1) spada elektromagnetsko zračenje radiofrekventnog (RF), mikrotalasnog (MT), infracrvenog (IC), vidljivog (VS) i ultraljubičastog opsega, kako za koherentno tako i za nekoherentno zračenje. Isto tako i ultrazvuk pripada nejonizujućem zračenju. Poznato je da nema oštre granice izmedju kratkotalasnog nejonizujućeg zračenja (UV) i dugotalasnog dela spektra jonizujućeg zračenja (meko rendgensko zračenje).

U odnosu na rastojanje od izvora NJZ elektromagnetske prirode čovek može da se nalazi ili u zoni indukcije ili u zoni zračenja. Površina oko izvora NJZ do rastojanja $\lambda/2\pi$ karakteriše se jačinom električnog polja E, odnosno jačinom magnetskog polja H i naziva se zona indukcije. Površina oko izvora koja obuhvata rastojanja veća od $\lambda/2\pi$ karakteriše se tzv. površinskom gustinom snage P ili intenzitetom I elektromagnetskog zračenja i naziva se zona zračenja, koja se može okarakterisati površinskom gustinom energije.

Biološki efekti NJZ u obe navedene zone zavise od apsorbovane energije zračenja, od njihove vrste i od vremenske dinamike ozračivanja. Pitanje "praga dejstva" NJZ za sad je otvoreno.

Elementarni proračuni pokazuju da je i sam čovek izvor elektromagnetskog zračenja. Ako se ljudski organizam posmatra kao sistem kroz koji teče struja jačine 1 uA (što je realna biofizička vrednost), u zoni indukcije, jačina magnetskog polja dostiže vrednost reda 10^{-7} A/m, odnosno intenzitet zračenja reda veličine je

4.10^{-12} W/ m^2, ili snaga za celu površinu ljudskog organizma reda 10^{-11} W. Ukupna snaga metabolizma čoveka u mirovanju iznosi oko 75 W, a pri intenzivnom trčanju može dostići vrednost do 1300 W. Očigledno da protok struje kroz ljudsko telo nema samo energetsku nego i značajnu informacionu ulogu. Zbog toga se "informacioni prag dejstva" NJZ verovatno nalazi na nivou reda 10^{-12} W/ m^2 ili još niže, odnosno na nivou jačine električnog polja reda 10^{-5} V/ m.

Čovek se u životnoj sredini nalazi u prirodnom elektromagnetskom polju koje je sastavni elemenat složenog sistema biosfere. Jačina električnog polja iznad zemljine površine iznosi 130 V/ m. Frekvencije radiofrekventnog zračenja Sunca i galaksija kreću se od 10 MHz do 10 GHz, a intenzitet ovog zračenja na zemljinoj površini od(2.10^{-6} do 2.10^{-4}) W/ m^2 (u mirnom periodu Sunca) do (10^{-4} do 10^{-2}) W/ m^2 (u periodu sunčevih bura).

Imajući u vidu dugotrajan proces evolucije ljudske vrste,nije isključeno da se ovakvi nivoi prihvate kao osnov higijenskog normiranja za rad s NJZ, s tim da se kao dozvoljive prihvate one biološke reakcije koje se kod ljudi javljaju u periodu sunčevih bura najnižih intenziteta.

Za svako normiranje nejonizujućeg zračenja moraju se imati u vidu tehnološke promene ovog faktora u biosferi (2).

Jačina električnog polja na visini 1,8 m iznad zemljine površine na oko 5 m od projekcije dalekovoda sa naponom od 400 kV iznosi (4,5 - 5,0) kV/ m.

Sumarni efekat svih emisionih radio i televizijskih stanica uslovljava prosečan intenzitet elektromagnetskog zračenja na zemljinoj površini oko 7.10^{-8} W/ m^2 do 7.10^{-6} W/ m^2. Na pojedinim teritorijama te vrednosti su znatno veće. Oko 90 % stanovnika SAD (3) živi u zoni gde je ova veličina poreklom od radio i televizijskih stanica i iznosi oko 5.10^{-4} W/ m^2, a 99 % tog stanovništva gde je ona manja od 10^{-2} W/ m^2.

Jakle, tehnološki nivo nekih važnih komponenti NJZ u biosferi dostigao je njihov prirodni nivo. Zbog toga se ova činjenica treba uzeti u obzir kod higijenskog normiranja ovog faktora u radnoj sredini ljudi, koji danas žive u biosferi čije se elektromagnetske karakteristike mogu bitno promeniti u relativno veoma kratkom vremenskom periodu.

Na ovakvim osnovama učinjen je pokušaj da se formuliše predlog nekih osnovnih normi za rad s nejonizujućim zračenjem.

1. Osnovne norme za elektromagnetsko polje i zračenje

U Tabeli 1. dat je predlog osnovnih normi za elektromagnetsko polje i zračenje u radnoj sredini, profesionalna ekspozicija za 42-časovnu nedelju, Norme se odnose na niskofrekventno, radiofrekventno i mikrotalasno zračenje(NF, RF, MT).gde je data dopustiva jačina električnog polja E_d i intenzitet I_d(4).

Tabela 1.

Osnovne higijenske norme za rad sa NF,RF i MT

Frekvencija (Hz)	E_d (V/ m)	I_d (W/ m^2)	Tal.dužina (m)
$5.1o^1$ - $1o^3$	3700 - 1000	-	$6.1o^6$-$3.1o^4$
$1o^4$		18	$3.1o^4$
$1o^7$		0,30	$3.1o^1$
$3.1o^7$		0,02	1o
$7.1o^7$		0,05	4,25
$1o^8$		0,30	3,0
$3.1o^8$		0,07	1,0
$1o^9$		0,10	$3.1o^{-1}$
$1o^{1o}$		1,30	$3.1o^{-2}$
$1o^{11}$		1,00	$3.1o^{-3}$
$3.1o^{11}$		0,90	$1o^{-3}$

Predlog normi za profesionalno angažovana lica u zoni infracrvenog zračenja dat u Tabeli 2.

Tabela 2.

Norme u zoni infracrvenog zračenja

Talasna dužina (nm)	I_d (W/ m^2)
700 - 1049	33
1050 - 1400	33

Za vidljivu svetlost osnovne norme date su u Tabeli 3. a za ultraljubičasto(nekoherentno) u Tabeli 4.

Tabela 3.

Osnovne higijenske norme za vidljivu svetlost

Talasna dužina (nm)	I_d (W/ m^2)
400	33,0
405	33,0
410	25,0
415	12,5
420	11,1
425	10,5
430	10,2
435	10,0
440	10,0
445	10,3
450	10,5
455	10,8
460	11,0
465	14,3
470	16,1
475	18,1
480	22,2
485	25,0
490	33,0
.	.
700	33,0

Tabela 4.

Norme za profesionalan rad sa UV zračenjem

Talasna dužina (nm)	I_d (W/ m^2)
180	$8,3 \cdot 10^{-2}$
190	$5,3 \cdot 10^{-2}$
200	$3,3 \cdot 10^{-2}$
205	$2,0 \cdot 10^{-2}$
210	$1,3 \cdot 10^{-2}$
215	$1,1 \cdot 10^{-2}$
220	$8,0 \cdot 10^{-3}$
225	$7,0 \cdot 10^{-3}$
230	$5,0 \cdot 10^{-3}$
235	$4,0 \cdot 10^{-3}$
240	$3,0 \cdot 10^{-3}$
245	$2,7 \cdot 10^{-3}$
250	$2,3 \cdot 10^{-3}$
255	$2,0 \cdot 10^{-3}$
260	$1,5 \cdot 10^{-3}$
270	$1,0 \cdot 10^{-3}$
280	$1,1 \cdot 10^{-3}$
290	$1,6 \cdot 10^{-3}$
300	$3,3 \cdot 10^{-3}$
305	$1,7 \cdot 10^{-2}$
310	$6,6 \cdot 10^{-2}$
315	$3,3 \cdot 10^{-1}$
316	$5,0 \cdot 10^{-1}$
.	
400	33,0

2. Specijalne norme za lasersko zračenje

Osnovne norme za lasersko zračenje kad se čovek nalazi u direktnom snopu ovog zračenja za puno radno vreme date su u Tabeli 5, (5,6,7).

Tabela 5.

Osnovne norme za lasersko zračenje (ozračivanje oka)

Vrsta	Talasna dužina (nm)	I_d (W/ m^2)
UV	200 - 300	$1. 10^{-3}$
	305	$3. 10^{-3}$
	310	$3,3 . 10^{-2}$
	315	$2,1 . 10^{-1}$
	.	.
	400	10
VS	400	10
	405 - 495	$1 . 10^{-2}$
	500 - 700	$10^{-2} . 10^{[0,015(\lambda -550)]}$
IC	700 - 1049	3,2
	1050 - 1400	16
	1400 - 10^6	10^3

3. Osnovne norme za profesionalnu izloženost ultrazvuku

Za direktno izlaganje, izlaganje preko tečnosti ili čvrstog tela dozvoljivi intenzitet ultrazvuka za frekvencije od 10^5 do 10^7 Hz za lica koja profesionalno rade sa izvorima ultrazvuka intenzitet ovog zračenja ne sme preći granicu od 100 W/ m^2 (9).

Za slučaj izlaganja dejstvu ultrazvuka preko vazduha, koji je obično prisutan pored industrijskih ultrazvučnih mašina i meša se kao "šum" sa visokofrekventnim čujnim zvucima, osnovne norme za profesionalno angažovana lica date su u Tabeli 6, za 1/3 oktavni pojas sa vrednostima nivoa zvučnog pritiska L_d (dB) (8,10,11).

Tabela 6.

Osnovne norme za ultrazvuk koji dejstvuje preko vazduha

Frekvencija (kHz)	L_d (dB)	I_d (W/ m^2)
25	80	10^{-4}
25 - 40	110	0,1

4. Problemi vremena ekspozicije

Za električno polje frekvencije 50 Hz dozvoljivo vreme ekspozicije u zavisnosti od jačine tog polja može da se predstavi jednačinom (1),

$$T = \frac{96}{E^{3/2}} \; e^{-\log E} \qquad (1)$$

gde je T dozvoljivo vreme ekspozicije(h/dan) u polju jačine E(kV/m).

Za radiofrekventno i mikrotalasno zračenje orijentaciono dozvoljive vrednosti vremena ekspozicije date su u Tabeli 7.

Tabela 7.

Dozvoljivo vreme ekspozicije za radiofrekventno i mikrotalasno zračenje

Dopustiv intenzitet zračenja na radnom mestu	Dozvoljivo vreme ekspozicije
I_d	7 h 3o min/(dan
10 I_d	2 h /dan
100 I_d	lo min/ dan

Dozvoljivo vreme ekspozicije za lasersko zračenje (kritični organ oko) odredjuje se preko dozvoljive površinske gustine energije D i stvarnog intenziteta I laserskog zračenja na radnom mestu u vidu

$$T_L = \frac{D}{I} \; , \qquad (2)$$

gde je T_L dopustivo vreme (s), D(J/ m^2) i I (W/ m^2).

Dozvoljive vrednosti površinske gustine energije laserskog zračenja date su u Tabeli 8.

Tabela 8.

Dozvoljive vrednosti površinske gustine energije laserskog zračenja

Oblast	Talasna duž (nm)	D (J/m^2)	Maksimalno vreme
UV	200-300	$3o$	
	305	lo^2	$t \leq 3.lo^4$ s
	310	lo^3	
	315-400	$5,6.lo\ t^{1/4}$	lo^{-9} s$\leq t \leq$lo s
		lo^4	lo min $\leq t \leq lo^3$ s
		lo^4-lo^5	$lo^3 \leq t \leq 3.lo^4$ s
VS	400-550	lo^2	lo s $\leq t \leq lo^4$ s
	550-700	$18\ t^{3/4}$	lo min $\leq t \leq T_1$ s
		$lo^2\ C_B$	$T_1 \leq t \leq 3.lo^4$ s
IC	700-1049	$18\ C_A\ t^{1/3}$	$lo^{-5} \leq s \leq t$ lo^3
	1050-1400	$90\ t^{3/4}$	$lo^{-4} \leq s) \leq t < lo^3$
	1400-lo^6	lo^4-$3.lo^7$	lo s $\leq t \leq 3.lo^4$

T_1 = 10 s za λ = 400÷549 nm; $T_1 = lo.lo^{[0,02(\lambda - 550)]}$ za λ = 550÷700 nm

$C_A = lo^{[0,002(\lambda - 700)]}$ za λ = 700-1049 nm

C_B = 1 za λ = 400÷549 nm; $C_B = lo^{[0,019\ (\lambda - 550)]}$ za λ = 550÷700 nm

5. Zaključak

1. Osnovne higijenske norme za lica koja rade sa izvorima NJZ treba zasnivati na stanovištu njihovog biološkog dejstva bez pragdoze. Na osnovu toga u ovom radu dati su predlozi osnovnih dozvoljenih vrednosti za NF, RF, MT, IC, VS i UV zračenje a takodje i za ultrazvuk.

Pri ovakvom razmatranju treba voditi računa o kritičnim rezonatnim frekvencijama pojedinog zračenja

2. U oblasti elektromagnetskog spektra gde se UV zračenje preklapa sa redngenskim zračenjem treba poštovati normu za jonizujuće zračenje, koja za rendgensko i gama zračenje u ovoj oblasti iznosi $1,4 . lo^{-9}$ W/m^2.

3. Predlogom ovih normi postavlja se pitanje dozimetrije NJZ u celini. Ovo zračenje je , kao što je navedeno, postalo značajan higijenski i ekološki faktor.

Abstract.In this report the autors gave the proposals of the basic hygienic norms for the work with lowfrequencies, radifrequencies and microwaves, infrared, light and ultraviolet radiation, as coherent as well incoherent electromagnetic waves. Also the norms for ultrasonic applications are proposed.

Literatura

1. Overviews on nonionizing radiation.Publ.IRPA,1977
2. R.Radovanović:Zbornik referata"Regulisanje zaštite od nejonizujućeg zračenja. JDZZ, Beograd, 1984, 3-18.
3. K.E.Duftschmid.XI Reg.Cong. of IRPA,Vienna Sept.1983.Proc.Vol. 1 5-loo.
4. Z.Djordjević.Zbornik referata"Regulisanje zaštite od nejonizujućeg zračenja".JDZZ.Beograd,1984, 19-26.
5. Word Health Organization, EURO 4701, Copenhagen, 1972.
6. Valeur limites d'exposition aux agent physiques.ND 1411-110-83, INRS, Paris, 1983.
7. S.Milićević.Zbornik referata "Regulisanje zaštite od nejonizujućeg zračenja".JDZZ.Beograd, 1984, 27- 42.
8. J.Simonović, Isto, 50-58.
9. Nyborg W.L.F.J.Fry-Elsevies Sci.Publ.Co. Amsterdam,1978,1-75.
lo. B.M.Grigoreva. Sov. Phys. acoust. 11(4),1966, 426-427
11. M.H.Rapacholi. Ultrasound.Caracteristics and biological action. Nation.Research Council Canada, 1981.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13.06.1985. godine

EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA NOVIH ZAŠTITNIH ODELA OD BAYMETEX-A ZA RAD U MIKROTALASNOM POLJU

Djordjević Z., Djoković V., Ostojić P. i Kelečević Z.

Vazduhoplovno medicinski institut - Zemun

Rezime:

Ispitivana su protektivna svojstva metalizirane tkanine Baymetex koja se koristi za izradu zaštitnih odela za rad u mikrotalasnom polju. Dat je prikaz rezultata ovih ispitivanja i komentar. Zaključeno je da zaštitno odelo od Baymetex-a obezbedjuje zadovoljavajući stepen zaštite od mikkrotalasnog zračenja, čak i kada se radi o zračenju visokog intenziteta.

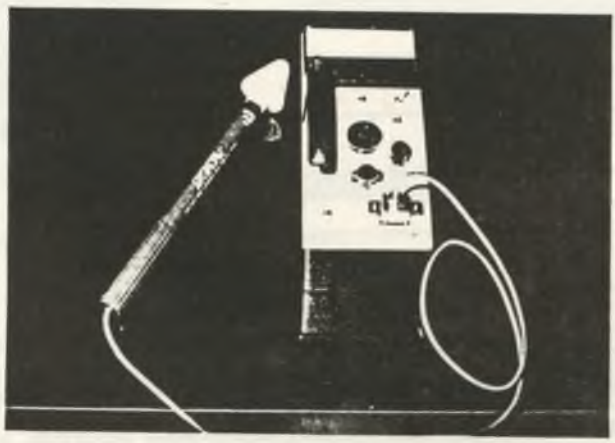
UVOD

Već niz godina u svetu se intenzivno radi na razvoju lične zaštitne opreme za rad u zoni mikrotalasnog zračenja (1,2,3). Pod imenom Baymetex, poznata Nemačka firma Bayer AG iz Leverkusena proizvodi specijalne metalizirane tekstilne materijale koji reflektuju elektromagnetska zračenja frekventnog područja od 100 MHz do 100 GHz(4). Ovi materijali se koriste u razne svrhe u industriji, medicinskoj tehnologiji, u vojne svehe, a odnedavno i za izradu zaštitnih odela za ljudstvo koje radi sa izvorima mikrotalasnog zračenja. Baymetex je u stvari tekstilni materijal na koji je posebnim postupkom nanet tanak sloj nikla debljine 0,05 do 0,5 μm , pri čemu se svojstva tekstila kao što su savitljivost, prozračnost i elastičnost, nisu bitno izmenila. Posebno je značajno da se Baymetex može podvrgnuti procesu hemijskog čišćenja, a da pritom ne budu promenjena njegova zaštitna svojstva. U toku 1983.godine zaštitna odela za rad u mikrtalasnom polju bila su u razvojnoj fazi i u to vreme stručnjaci firme Bayer AG predložili su da se u

eksperimentalnoj laboratoriji za mikrotalasna zračenja Vazduhoplovnomedicinskog instituta izvrše ispitivanja zaštitnih svojstava Baymetexa materijala koji služi za izradu zaštitnih odela za rad u mikrotalasnom polju. Predlog je prihvaćen i u dogovoru sa stručnjacima iz Bayer AG pristupilo se navedenim istraživanjima.

MATERIJAL I METODE

Kao izvor zračenja u ovom eksperimetalnom radu poslužio je aparat za mikrotalasnu dijatermiju Rangoni and Puricceli (200 W, 2450 MHz). Primenjivane su sledeće doze mikrotalasnog zračenja: 1-5-10-20-50 i 100 mW/cm^2. Odredjivanje intenziteta mikrotalasnog zračenja vršeno je primenom merača mikrotalasnog zračenja Leakage Monitor "Surveyor", Model 8100B (slika 1)



Slika 1. Merač mikrotalasnog zračenja "Surveyor" Model NARDA 8100B.

Ispitivanja zaštitnih svojstava Baymetex-a vršea su u bliskoj zoni zračenja na 50 cm odstojanja od zračeće antene. U navedenoj zoni vršena su ispitivanja probijanja zračećeg energije kroz različite delove zaštitnog odela, a sa posebnom pažnjom su vršena ispitivanja na šavovima i zatvaračima, kao i na mreži za zaštitu lica. Sva ispitivanja su izvršena u eksperimentalnoj laboratoriji pri standardnim mikroklimatskim uslovima koji su bili u zoni komfora.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na tabeli 1 dat je prikaz rezultata ispitivanja zaštitnih svojstava Baymetex-a u polju različitih intenziteta mikrotalasnog zračenja.

TABELA 1.

REZULTATI ISPITIVANJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA BAYMETEX-A

Intenzitet mkt.zračenja u polju	Intenzitet mkt.zračenja u zašt.odelu	Prodor zrače-će energije u %
1 mW/cm^2	Ø	Ø
5 "	Ø	Ø
10 "	Ø	Ø
20 "	Ø	Ø
50 "	0,5 mW/cm^2	1
100 "	1 mW/cm^2	1

Prikazani rezultati na tabeli 1 pokazuju visoke zaštitne vrednosti Baymex materijala od koga je sačinjen aktivni sloj ispitivanih zaštitnih odela. Medjutim, treba napomenuti da su preliminarna ispitivanja pokazala nešto niže vrednosti zaštitnih svojstava uzoraka Baymetex-a, nakon čega su stručnjaci Bayera proizveli metaliziranu tkaninu koja je pružala sasvim zadovoljavajući nivo zaštite čak i u vrlo snažnom mikrotalasnom polju (50 i 100 mW/cm^2). Na osnovu rezultata ovih istraživanja preporučili smo izvesne izmene u dizajnu, kao i eliminisanje nekih nepotrebnih delova opreme (rukavica, grudnjaka i drugo), što je prihvaćeno i usvojeno od proizvodjača ove zaštitne opreme.

Na slikama 2 i 3 prikazani su novi tipovi zaštitnih odela od Baymetex-a

SLIKA 2. Jednodelno zaštitno odelo od Baymetexa (bez kapuljače)

3. Dvodelno zaštitno odelo od Baymetexa (sa kapuljačom)

ZAKLJUČAK

Zaštitna odela za rad u polju mikrotalasnog zračenja izradjena od Baymetex-a pružaju zadovoljavajući stepen zaštite čak i u uslovima izlaganja visokim intenzitetima mikrotalasnog zračenja, a upravo u takvim uslovima izlaganja preporučuje se upotreba zaštitnih odela.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF PROTECTIVE CAPABILITIES OF NEW MICROWAVE-PROTECTIVE SUITS OF BAYMETEX

Djordjević Z., Djoković V., Ostojić P. and Kelečević Z.

Institute of Aviation Medicine - Zemun

SUMMARY

In order to investigate protective capabilities of metalized textile fabrics Baymetex which are used in microwave-protective suits, it was examined some examples of these suits in microwave field of high power density. In this report are presented and discussed results of these investigations. It was concluded that the protective suit made of Baymetex is suitable for protecting person from the harmful effects of high power microwave radiation.

Literatura:

1. [illegible]erski P. : Voprosy gigieny i ochroni truda pri obsluživanii generatorov mikrovoln. Med. Lotnicza, 1965.

2. US General Accounting Office: More protection from microwave hazards needed.HRD-79-9, 1978. Washington DC.

3. Egan W.: Eye protection in radar fields.Electr,Engineer., 76,126,1957.

4. Ebneth H.: Nickel-coated graphite and [illegible]ramide fabrics as part of composite for lighting strike protection of aircraft.Publ. International Aerospace and Ground Conf.on Lighting and Static Electricity.Orlando, Florida, 1984.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. jun 1985.

Milićević S. i Smiljanić N.
Vojnomedicinska akademija, Beograd

EFEKTI LASERSKOG ZRAČENJA NA OKO PRI PROFESIONALNOJ EKSPOZICIJI

Sažetak: U radu su prikazani rezultati pregleda organa vida 110 muškaraca i 35 žena profesionalno eksponiranih laserskom zračenju u laboratorijskim uslovima. Ovi nalazi su uporedjeni sa kontrolnom grupom 120 muškaraca i 30 žena. Utvrdjene su statistički značajne promene na konjunktivi, sočivu i očnom dnu kod eksponiranih.

Uvod

Oko je najosetljiviji organ čoveka na lasersko zračenje. Vidljivo i njemu blisko ultraljubičasto (UV) i infracrveno (IC) zračenje dioptrički aparat oka propušta i fokusira na očnom dnu. Pri tome nastaju pojačanja gustine zračenja za nekoliko stotina hiljada puta i oštećenja očnog dna, prvenstveno retine. Ekspozicija dalekom i srednjem UV spektru dovodi, uglavnom do konjunktivita. Efekti dalekog i srednjeg IC zračenja su opekotine na konjunktivi i rožnjači. Srednje UV i IC zračenje dovode do tačkastog zamućenja sočiva (katarakte). To isto čine vidljivo i njemu blisko UV i IC zračenje (1, 2).

Materijal i metode

Iz višegodišnje kontrole zdravstvenog stanja eksponiranog ljudstva laserskom zračenju, za obradu su uzeti nalazi na organu vida - očima za jednu godinu. Broj eksponiranih muškaraca je 110, a žena 33. Njihovi nalazi su uporedjeni sa kontrolnom grupom, ljudstva iz administracije, od 120 muškaraca i 30 žena,

uzeto po sistemu slučajnog izbora. Po godinama starosti izmedju eksponiranih i kontrolne grupe ne postoji statistički značajna razlika.

Oftalmološki pregled obuhvata sledeće: oftalmološku anamnezu, odredjivanje vizusa, segmentoskopiju (posle maksimalnog širenja zenice) i snimanje očnog dna pri utvrdjenim promenama. Kriterijumi za praćenje promena na sočivu u očnom dnu su objavljeni ranije (3).

U toku ovih pregleda uzimana je i radna anamneza, kao i podaci o karakteristikama laserskih uredjaja sa kojima eksponirani rade, o dnevnoj ekspoziciji i o eventualnim ozračenjima i akcidentima. Pre pregleda je izvršena i kontrola uslova rada, sa merenjima fizičkih i hemijskih štetnih faktora.

Rezultati i diskusija

Eksponirana lica, obuhvaćena ovom analizom, su izložena laserskom zračenju i to: Helijum-Neon (1-10 mW), Rubin (0,1 J/imp), Argon (do 200 mW), Galijum-Arsenid (do 200 W), Neodijum YAG (90 mJ/imp) i Ugljen-dioksid (do 10 W). Prva tri su iz vidljivog područja, a ostala tri su iz IC dela spektra. Prema snazi i jačini svi mogu ozbiljno da ugroze organ vida - oko, bilo od direktnog ili od reflektovanog ozračenja (4).

Uslovi rada su laboratorijski i nisu sasvim usaglašeni sa JUS normama, kao i zahtevima za rad sa laserskim zračenjem (3). Lična zaštitna sredstva koristi samo 36% muškaraca i 35% žena. Specifični radni staž, tj. ekspozicija laserskom zračenju iznosi prosečno 2,5 godine. Dnevna ekspozicija je 2 časa za muškarce, a jedan ipo čas za žene.

Kod eksponiranih muškaraca utvrdjen je konjunktivitis u 47,93% a kod žena u 28,70%. Ovi nalazi su visoko statistički

značajni u odnosu na nalaze kod kontrolne grupe: 10,81% kod muškaraca i 2,70% kod žena ($P<0,001$). Čest nalaz upale konjunktive dolazi iz dva razloga. Jedan je lasersko zračenje, a drugi su tzv. lampe blještalice ili lampe za pobudjivanje, najčešće ksenonske lampe. Zračenje ovih lampi je uglavnom iz ultraljubičastog dela spektra, a sa njima se dosta radi u ovim laboratorijama.

Na sočivu svi eksponirani, i muškarci i žene, imaju tačkasta zamućenja (100%), dok kontrolna grupa muškaraca ima 30%, a žene 40%. Ovaj nalaz je takodje visoko statistički značajan ($P<0,001$). Po stepenima zamućenja eksponirana grupa ima znatno jaču opalescenciju od kontrolne grupe. Mehanizam nastanka tačkastih zamućenja je termički, ali ima tumačenja i netermičkog efekta laserskog zračenja (6). Većina tačkastih zamućenja ima lokaciju na zadnjem donjem polu sočiva (80%). Objašnjenje za ovakvu lokaciju za sada nemamo. Zapažen je i veći broj tačkastih zamućenja kod mladih ljudi i sa kratkim stažom ekspozicije, od nekoliko meseci. Da li je ovo posledica nepažnje mladih ljudi ili je kod njih burnija reakcija na zračenje, za sada je teško reći.

Na očnom dnu (retini) kod muškaraca su utvrdjene promene u 71%, a kod žena u 30%. Kontrolna grupa muškaraca imala je promene na očnom dnu samo u 2,34%, a kod žena ove nisu nadjene. I ovaj nalaz eksponiranih je visoko statistički značajan u odnosu na kontrolnu grupu ($P<0,001$). Tipična oštećenja su tačkastog oblika, beličaste boje, paramakularno. Ovo je posledica termičkih efekata laserskog zračenja. Oštećenja su mikronskih dimenzija (do 100 μ) i ne daju ispade u vidnom polju. Medjutim, povećanjem njihovog broja i njihovo slivanje može da daje skotom.

Smatramo da je ovako veliki procenat oštećenja nastao zbog nepoštovanja elementarnih zahteva za primenu preventivnih mera zaštite u laboratorijskim uslovima. Utvrdjena oštećenja su nastala uglavnom od reflektovanog zračenja. Laboratorijski uslovi su specifični i cela laboratorija se smatra zonom dejstva laserskog zračenja. Zbog toga i preventivne mere zaštite moraju biti adekvatne, a pre svega korišćenje zaštitnih naočara (7).

Zaključak

Iz navedenih rezultata se vidi da je došlo do velikog broja oštećenja na očima eksponiranih laserskom zračenju. Do ovoga je došlo zbog neadekvatnih uslova rada, kao i nedovoljne primene preventivnih mera zaštite, pre svega ličnih zaštitnih sredstava, naočara.

Summary

In this paper are presented results of the eye examination in 110 males and 35 females professionally exposed to laser irradiation under laboratory conditions. These findgins were compared with the control group consisted of 120 males and 50 females. The statistically significant changes were found in the conjunctiva, retina and the eye fundus of the exposed.

Literatura

1. Hilenkamp F. et al.: Laser in Biology and Medicine, Plenum, New York, 1980, str. 75.
2. Krillov A. et al.: Dozimetrija lazernogo izlučenija, "Radio i Svjaz", Moskva, 1983, str. 22.
3. Milićević S. i sar.: Zbornik Del XI jugoslovenskoga simpozija o zaščiti pred sevanji, 2 svezek, Portorož, 1981, str. 667.
4. Environmental Health Criteria 23, Laser and Optical Radiation, WHO, Geneva, 1982, str. 114.
5. JUS N.S9.025, Laseri - obeležavanje laserskih proizvoda, zatvorenih prostorija i terena, 1978.
6. Eshaghian J., B.Streeten: Arch.Ophthalmol., 98,(1980), 134.
7. Goldman L., P.Hornby: Arch.Environ. Health, 10, (1965), 493.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ O ZAŠTITI OD ZRAČENJA

Pula, 10.-13. jun 1985.

Osmak M., Elkind M. M. , Hill C. K. i Han A.†

University of Southern California - School of Medicine, Los Angeles

UTJECAJ MALIH OPETOVANIH DOZA FILTRIRANOG UV SVIJETLA NA STANICE U KULTURI

Sažetak Stanice kineskog hrčka izlagane malim,dnevnim dozama filtriranog ultravioletnog (UV) svijetla, postajale su sve rezistentnije na UV svijetlo. Frekvencija spontanih mutanata rezistentnih na 6-tiogvanin (6-TG^r) rasla je sa porastom ukupne doze,no daljnje akutne doze UV svijetla nisu povećavale frekvenciju 6-TG^r mutanata.Osjetljivost ovih stanica na x zračenje nije se promijenila.

Uvod

Djelovanje visokih doza različitih štetnih agensa na bakterije,stanice u kulturi ili čitave organizme razmjerno je dobro poznato.Nasuprot tome,o djelovanju malih doza objavljeno je znatno manje podataka.Upravo ovakvi podaci posebno su zanimljivi,jer najvjerojatnije odražavaju situaciju u prirodnom okolišu.

Bakterije,kao i stanice u kulturi mogu se adaptirati na male doze monofunkcionalnih alkilirajucih agensa (1 - 4).Podaci o sposobnosti stanica,da se na sličan način adaptiraju i na ostale štetne agense vrlo su oskudni (5). U ovom radu željeli smo ispitati utjecaj malih,opetovanih doza filtriranog UV svijetla na stanice u kulturi : da li se stanice mogu adaptirati na UV svijetlo. Pri tome smo koristili UV svijetlo valnih dužina većih od 300 nm,to jest valnih dužina sunčanog spektra koji nakon absorbcije u ozonskom sloju prodire do površine zemlje.

Materijal i metoda

Tokom trideset dana stanice kineskog hrčka zračene su Westinghouse sunča-

nom lampom kroz polistirenski poklopac Petrijeve zdjelice ,koji absorbira valne dužine UV svijetla kraće od 300 nm.Dnevna doza iznosila je 500 J/m^2.Nakon ukupne doze od 5000 J/m^2, 10000 J/m^2 i 15000 J/m^2 ispitano je preživljenje stanica nakon ponovnog izlaganja akutnim dozama filtriranog UV svijetla,kao i indukcija mutanata rezistentnih na 6-TG (6).Na kraju pokusa ispitana je osjetljivost stanica na x zračenje.

Rezultati i diskusija

Stanice kineskog hrčka izlagane malim opetovanim dozama filtriranog UV svijetla postaju rezistentnije na UV svijetlo.Tabela I pokazuje,da sa porastom ukupne akumulirane doze raste i srednja letalna doza,te da se povećava koljeno na krivulji preživljenja.

TABELA I : PARAMETRI KRIVULJA PREŽIVLJENJA

Filtrirano UV svijetlo			x zračenje		
Ukupna akumulirana doza (J/m^2)	D_o (J/m^2)	D_q (J/m^2)	Ukupna akumulirana doza (J/m^2)	D_o (Gy)	D_q (Gy)
0	550	2400	0	2,3	4,6
5000	600	2900	5000	-	-
10000	750	2800	10000	-	-
15000	750	2800	15000	2,3	4,7

Tabela II pokazuje frekvenciju mutanata rezistentnih na 6-TG.Frekvencija mutanata rezistentnih na 6-TG rasla je kod kontrolnih stanica linearno sa danom dozom UV svijetla.Nasuprot tome,stanice koje su akumulirale 5000 J/m^2, 10000 J/m^2 ili 15000 J/m^2 pokazivale su nakon ponovnog izlaganja akutnim do-

zama UV svijetla konstantnu frekvenciju 6-TG^r mutanata.Frekvencija spontanih mutanata rezistentnih na 6-TG porasla je do kraja pokusa 190 puta.

TABELA II : FREKVENCIJA MUTANATA REZISTENTNIH NA 6-TIOGVANIN (x 10^{-5})

Akutna doza (J/m^2)	Ukupna akumulirana doza (J/m^2)			
	0	5000	10000	15000
0	0,93+0,88	62,89+10,48	121,06+11,97	172,25+21,54
100	5,51+3,22	61,76+ 6,42	-	140,99+15,72
600	9,54+2,80	60,68+ 4,25	116,24+11,26	163,46+15,04
1100	13,88+4,13	62,58+ 6,48	105,49+ 7,21	156,85+21,61
1600	19,03+6,0	62,85+11,64	107,21+10,66	137,35+18,36
2100	24,75+7,05	66,82+ 5,52	-	164,60+22,32

Rezultati pokazuju,da se stanice tokom izlaganja malim,opetovanim dozama filtriranog UV svijetla adaptiraju na UV svijetlo.Kapacitet i preciznost popravka staničnih oštećenja se poveća,što rezultira u većem preživljenju stanica,te konstantnoj frekvenciji 6-TG^r mutanata nakon akutnih doza filtriranog UV svijetla.

Stanice koje su akumulirale 15000 J/m^2 filtriranog UV svijetla jednako su osjetljive na x zračenje kao i kontrolne stanice (Tabela I).Budući da x zračenje stvara u DNK stanica drugi tip oštećenja nego li UV svijetlo,to ovi rezultati pokazuju,da tokom opetovanog izlaganja UV svijetlu nije induciran neki opći mehanizam popravka,već da se radi o povećanoj mogućnosti popravka specifičnih oštećenja nastalih nakon UV svijetla.

Abstract

Chinese hamster cells exposed to daily low doses of filtered UV light become resistant to this light.The frequence of spontaneous mutants resistant to 6-thioguanine increased with the increase of the total accumulated dose.However,single,acute doses of filtered UV light did not increased the number of 6-TG^r mutants.The sensitivity of these cells to x-irradiation did not changed.

Literatura

1. Robins,P. and Cairns,J. : Nature, 280 (1979) 76.

2. Karran,P., Hjelmgren,T. and Lindahl,T. : Nature, 296 (1982) 770.

3. Samson,L. and Schwartz,J. L. : Nature, 287 (1980) 861.

4. Kaina,B. : Carcinogenesis, 4 (1983) 1437.

5. Chatterjee,S. et al : Mol. Gen. Genet., 193 (1984) 251.

6. Suzuki, F. et al : Cancer Res., 41 (1981) 4916.

Autori zahvaljuju Anne Gulliksen na izvrsnoj tehničkoj suradnji.

Ovaj rad ostvaren je uz pomoć Granta No. 7 R01 CA 38370-01 (NCI).

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

Zimonjić D., Zagorčić-Janković A. i Soldatović B.
Veterinarski fakultet, Beograd

ISPITIVANJE DELOVANJA DIREKTNOG LASERSKOG ZRAČENJA NA KULTURU LIMFOCITA ČOVEKA

Sadržaj: kulture limfocita čoveka izlagane su helijum-neonskom laserskom zračenju različitog trajanja pri čemu je ispitivana mitotska aktivnost ćelija u kulturi, pojave strukturnih i numeričkih aberacija hromozoma, kao i frekvencija razmene sestrinskih hromatida /SCE/.

Uvod

Pri interakciji laserskog zračenja i žive materije dolazi do različitih efekata, koji mogu prouzrokovati biološke procese manje ili više reverzibilne i čije posledice mogu biti povoljne, neutralne ili štetne za odredjenu jedinku ili za njeno potomstvo. U okviru neophodne kontrole izlaganja laserskom zračenju, prišli smo ispitivanju eventualnih mutagenih efekata zračenja helijum-neonskim laserom male snage na kulturu limfocita čoveka.

Materijal i metoda

kulture limfocita čoveka su odmah po postavljanju /po modifikaciji Evans i O'riordan, originalne metode Moorhaed/ izlagane direktnom dejstvu helijum-neonskog lasera, talasne dužine 632.8 nm, izlazne snage 20 mW. Korišćena su različita vremena ekspozicije: 7.5, 15, 30, 60, 120, 240 i 480 sec. Po obavljenoj ekspoziciji kulture su inkubirane 72 sata na temperaturi od 36°C u prisustvu analoga timina /5-BUdR, Sigma Chem. London/ konačne koncentracije 25 /nM. Dva časa pred preparaciju, kulturama je dodavan Kolhicin u zapremini kojom se postizala konačna koncentracija od o.5o /ug/ml. Po tretmanu hipotoničnim rastvorom kCl, ćelije su fiksirane mešavinom glasijalne sirćetne kiseline i metil-alkohola u odnosu 1:3. Dobijeni preparati su obradjivani u svemu prema originalnom metodu Perry i Wolff /1974/. Dobijeni eksperimentalni rezultati su statistički obradjeni.

Rezultati i diskusija

Mitotska aktivnost: Brojne vrednosti rezultata dobijenih izlaganjem humanih limfocita u kulturi helijum-neonskom zračenju

u cilju sagledavanja promena mitotske aktivnosti, prikazani su u tablici br. 1

TABLICA BR.1: DEJSTVO LASERSKOG ZRAČENJA NA MITOTSKU AKTIVNOST

Trajanje ekspozicije	$\bar{X}$	SD	t	p
kontrola	9.57	2.67	-	-
7.5 sec	2.18	1.11	8.26	o.ol
15.o "	2.69	1.54	7.81	o.ol
30.o "	0.85	0.76	10.93	o.ol
60.o "	3.oo	1.22	7.54	o.ol
120.o "	4.oo	1.22	6.39	o.ol
240.o "	2.oo	1.15	8.76	o.ol
480.o "	8.oo	1.7o	1.68	-

t: vrednost dobijena primenom t-testa; p: stepen statističke značajnosti

kao što se može videti /Tablica br. 1/ primena zračenja izaziva statistički visoko značajan /p<o.ol/ pad mitotske aktivnosti u svim slučajevima, osim u slučaju ekspozicije u trajanju 480 sec. Iako ne postoji pravilnost izmedju povećanja dužine trajanja ekspozicije i progresivnog smanjenja vrednosti mitotskog indeksa - visoka značajnost dobijenih rezultata ukazuje na signifikantni citostatski efekat laserskog zračenja. Mišljenja smo da neočekivana visoka vrednost aktivnosti /mada još uvek niža od kontrole/, konstatovana pri ekspoziciji od 480 sec pre predstavlja posledicu metodskog pristupa u konkretnom eksperimentu, nego što ukazuje na nekakvu posebnost baš te primenjene dužine ekspozicije.

Hromozomske aberacije: U ovim eksperimentima nije konstatovana pojava kako numeričkih, tako ni strukturnih aberacija hromozoma u rasponu korišćenih vremena ekspozicije.

Razmena sestrinskih hromatida: Numeričke vrednosti dobijene analizom frekvencije razmene sestrinskih hromatida /SCE/ u eksperimentima sa različitim trajanjem ekspozicije laserskog zračenja, prikazane su u tablici broj 2. Može se konstatovati da ekspozicija zračenju u trajanju od 60 i 120 sec izaziva statistički značajno /p<o.o5/ povišenje frekvencije SCE, dok duže ekspozicije od 240 i 480 sec dovode do pojave statistički visoko značajnih /p<o.ol/ vrednosti frekvencije SCE. Porast srednje vrednosti frekvencije SCE u funkciji trajanja ekspozicije ukazuje na

postojanje veze izmedju dužine ozračivanja i frekvencije SCE, pri čemu je ta veza visoko značajna /p<o.o1/.

TABLICA BR.2: DEJSTVO LASERSKOG ZRAČENJA NA FREKVENCIJU SCE

Trajanje ekspozicije	SCE/ćeliji x/min/-X/max/	$\bar{X}$	SD	t	p
kontrola	4-13	7.17	1.99	-	-
7.5 sec	5-10	7.o7	1.39	0.17	-
15.o "	5-11	6.78	2.o4	0.63	-
30.o "	6-11	6.80	1.72	0.54	-
60.o "	5-14	8.58	2.54	2.53	o.o5
120.o "	5-13	8.55	2.22	2.47	o.o5
240.o "	7-14	9.85	1.65	5.25	o.o1
480.o "	6-18	11.o9	2.75	7.39	o.o1

t:vrednost dobijena primenom t-testa; p: stepen statističke značajnosti

Efekti zračenja na promene frekvencije SCE izraženi kroz dobijene rezultate su u saglasnosti sa prirodom promena na nivou mitotske aktivnosti. Imajući u vidu mišljenja da je porast frekvencije SCE danas praktično "najosetljiviji indikator oštećenja na nivou hromozoma u sisarskom materijalu" i kao takav "najosetljiviji pokazatelj mutacija" /Perry i Evans, 1975; Allen i Latt, 1976; Carrano sa sarad. 1978/, smatramo da dobijeni rezultati jasno ukazuju na mogućnost da helijum-neonsko lasersko zračenje, snage 20 mW u analiziranom dijapazonu trajanja, može imati mutageno dejstvo.

Abstract

In experiments during which the human lymphocyte cultures were being exposed to the laser radiation of a variable duration the supression of mitotic activities of high statisticak importance was estimated as well as statisticly significant rise of frequency of sister chromatide exchange during exposition time of 60, 120, 240 and 480 sec.

The above stated presents a positive confirmation of the possibilities of mutagenic impact of laser radiation of such a type and intensity.

Literatura

1. Moorhaed,P.S. et al: Exptl.Cell.Research,20/1960/,613.

2. Evan,H.J., O'riordan, M.L.: Handbook of Mutagenicity Test Procedures.Elsever/North Holland Biomed.Press /1977/, 261.
3. Perry,P., Wolff,S.: Nature, 251 /1974/, 156.
4. Perry,P., Evans,H.J.: Nature, 258 /1975/, 121.
5. Allen,J.W., Latt,S.A.: Nature, 260 /1976/, 449.
6. Carrano et al.: Nature, 271 /1978/, 551.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10.-13. lipnja 1985.

Novaković M.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

ISPITIVANJE ZRAČENJA VIDEO TERMINALA

Tehnološki napredak u primjeni mikroprocesora revolucionirao je obradu podataka i rezultirao proliferacijom video informatičkih sistema u uredima,na polju komunikacija,u obrazovanju i,pojavom "osobnih računala",u domovima ljudi.Kod svih takovih računala integralni dio predstavlja video terminal (VT),te su sve učestalija pitanja o njegovom potencijalnom štetnom djelovanju na operatere.

Uvod

Video terminal (VT) u biti je TV monitor koji na ekranu prikazuje procesirane podatke od kompjuterskog sistema ili procesora. Zajedno sa tastaturom VT je interaktivni elemenat izmedju operatera i mikroprocesora. VT radi na principu TV;ima veliku staklenu cijev s vakumom,tzv. katodnu cijev (KC) s izvorom elektrona i fluorescentni ekran. Elektroni emitirani iz katode ubrzani su visokim naponom (10-25 kV) i usmjereni na ekran koji pri njihovom udaru emitira vidljivu svjetlost. U katodnoj cijevi smješteno je horizontalno otklonsko električno polje koje pomiče snop elektrona s jedne na drugu stranu ekrana, te vertikalni otklonski sistem za fokusiranje elektrona u vertikalnom smjeru. Potencijalni izvori zračenja iz VT su katodna cijev (rendgenske zrake , vidljiva svjetlost, infracrveno i ultraljubičasto zračenje) i horizontalni otklonski sistem za radiofrekvencije.

Mjerenje rendgenskog zračenja

Rendgenske zrake nastaju kad se brzi elektroni usporavaju ili naglo zaustavljaju u tvari. Pri udaru elektrona u fluorescentni ek-

ran emitira se vidljiva svjetlost. U idealnom slučaju fluorescentni ekran bi trebao svu energiju elektrona konvertirati u vidljivu svjetlost, ali u praksi jedan dio elektrona gubi energiju zakočnim zračenjem pri čemu nastaju rendgenske zrake. Zbog relativno niskog napona VT,te zrake nisu jako prodorne,pa ih staklo gotovo potpuno apsorbira. Zavisno od vrste fluorescentnog materijala u katodnoj cijevi nastaju infracrveno i ultraljubičasto zračenje, ali ih staklena cijev u potpunosti apsorbira.

Mjerenje rendgenskog zračenja vršeno je pomoću ionizacijske komore Victoreen 471A Survay Meter i TLD-a CaF_2: Mn postavljenih na ekrane VT. Mjerenje komorom je vršeno kod ekrana popunjenog sa simbolima, prvo kod normalnog osvjetljenja ekrana i kontrasta, a zatim pri maksimalnom osvjetljenju i kontrastu. Time su pokriveni uvjeti normalnog rada i uvjeti maksimalne vjerojatnosti emisije rendgenskih zraka.

Mjerenje radiofrekvencija

Prema uobičajenoj konvenciji radiofrekvencije zapremaju dio elektromagnetskog spektra u području frekvencija od oko 10 kHz do 300 MHz. Mikrovalno područje zaprema frekvencije od 300 MHz do 300 GHz. Izvor radiofrekvencija u VT je horizontalni otklonski sistem i pripadni visokonaponski krug (tzv. fly-back transformator). Radiofrekvencije iz VT sadrže osnovnu frekvenciju otklonskog sistema obično izmedju 15 i 25 kHz i još do 6 harmonika značajnog intenziteta,tj. frekvencije do 6 x 25 kHz = 150 kHz. Mjerenje radiofrekvencija vršeno je uredjajem RAHAM MODEL 4A (200 kHz do 26 GHz).

Rezultati i diskusija

Ispitivanje zračenja VT obuhvatilo je 94 uredjaja istog tipa. VT nema komponente koje generiraju mikrovalno zračenje. Izmjerene doze rendgenskog zračenja odgovaraju vrijednostima prirodnog zračenja s malim fluktuacijama po pojedinim uredjajima. Rendgensko zračenje VT limitirano je na mali dio tijela operatera. Ekspozicija pr-

idjeljena tijelu od mekih rendgenskih zraka opada jako s dubinom tkiva,te su organi i tkiva smješteni nekoliko cm ispod kože već potpuno zaštićeni.Operater promatra ekran s udaljenosti otprilike 40 cm.Budući da je ta udaljenost komparabilna s dimenzijom izvora (ekran),apsorpcija zračenja u staklu dovest će do angularne distribucije intenziteta jako izražene prema naprijed u smjeru operatera.Zračenje ne opada,dakle,s kvadratom udaljenosti kako se očekuje,već sporije.Konzervativna je procjena da na udaljenosti od 40 cm ekspozicija pada na polovicu svoje vrijednosti izmjerene na ekranu.Prosječna godišnja ekspozicija od prirodnih izvora iznosi od oko 25 do 66 μC/kg.Mjerenjem ekspozicija VT nije nadjeno da su značajno predjene ove granice.

Kod svih uredjaja je polje radiofrekvencija na mjestu operatera bilo manje gustoće snage od 100 mW/m^2.Najveći broj uredjaja imao je gustoće snage manje od 20 mW/m^2,samo 15% njih iznad te vrijednosti.Na površini ekrana kod nekih uredjaja utvrdjene su gustoće snage od 1 W/m^2.Intenzitet ovakvih polja jako je opadao sa udaljenošću od površine.

Na osnovu dosadašnjih spoznaja o radiofrekvencijama i njihovom utjecaju na čovjekov organizam postoji mala vjerojatnost za pojavu štetnih posljedica kod nivoa gustoće snage koji su izmjereni u blizini VT.

Abstract

The technological advance in apllication of microprocessors have resulted in proliferation of video information systems in offices in the communications field in education and with advent of "personal computers",in our homes.An integral part of almost all of such devices is the video display terminal and that give rise to various questions about health implications on operators.

Literatura

1. Vetter H.: " Health Hazards Associated with the Use of Visual Display Units.", IAEA Report, 1979.
2. World Health Organization: Radiofrequency and Microwaves, Enviromental Health Criteria 16, WHO, 1981.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13 juni 1985

Draganović B. i Petrović B.
Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu,
Veterinarski fakultet Beograd

TERMIĆKA MERENJA MALIH DOZA MIKROTALASA NA KUNIĆIMA

Kratak sadržaj Ispitujući delovanje malih doza MT zračenja želeli smo da pomoću neke objektivne metoda odredimo prag termičkog delovanja MT na kunićima. U tom cilju ispitivali smo delovanje kontinuiranog MT zračenja snage 5, 10 i 20 mW/cm^2 u toku 20, 40 i 60 minuta i merili temperaturu životinje u 6 regija. Ovako dobijeni rezultati pokazuju da se o termičkom pragu delovanja MT može govoriti počev od 20 mW/cm^2 u vremenu od 20 minuta.

Uvod

U dosadašnjim literaturnim podacima (1,2,3,4) u biološkim dejstvima mikrotalasa (MT) dominiraju dve grupe simptoma: jedna koja je posledica fizioloških kompenzacija ozračenih tkiva i druga, koja je znak funkcionalnih i strukturnih alteracija. Mi smo bili zainteresovani za izučavanje malih doza MT kako bismo na životinjama odredili granicu subtermičkih i termičkih delovanja. Zato je bio cilj ovih istraživanja da se merenjima in vivo utvrdi prag termičkog efekta MT, za koji smatramo da nije isti za sve vrste životinja iako se one ozračuju u podjednakim uslovima.

Materijal i metod

Odrasli, polno zreli kunići ozračivani su MT u boksu od pleksi stakla dimenzija 30 x 15 x 15 xm u kome je se životinja slobodno ponašala bez stresa od zatvorenog i mračnog prostora. Unipolarni zračnik MT generatora nalazio je se iznad centra boksa na 40 cm, a MT polje je ostvareno sa F = 2.450 MHz, talasnom dužinom 12,5 cm i snagama od 5, 10 i 20 mW/cm^2, što je sve kontrolisano dozimetron "Narda".

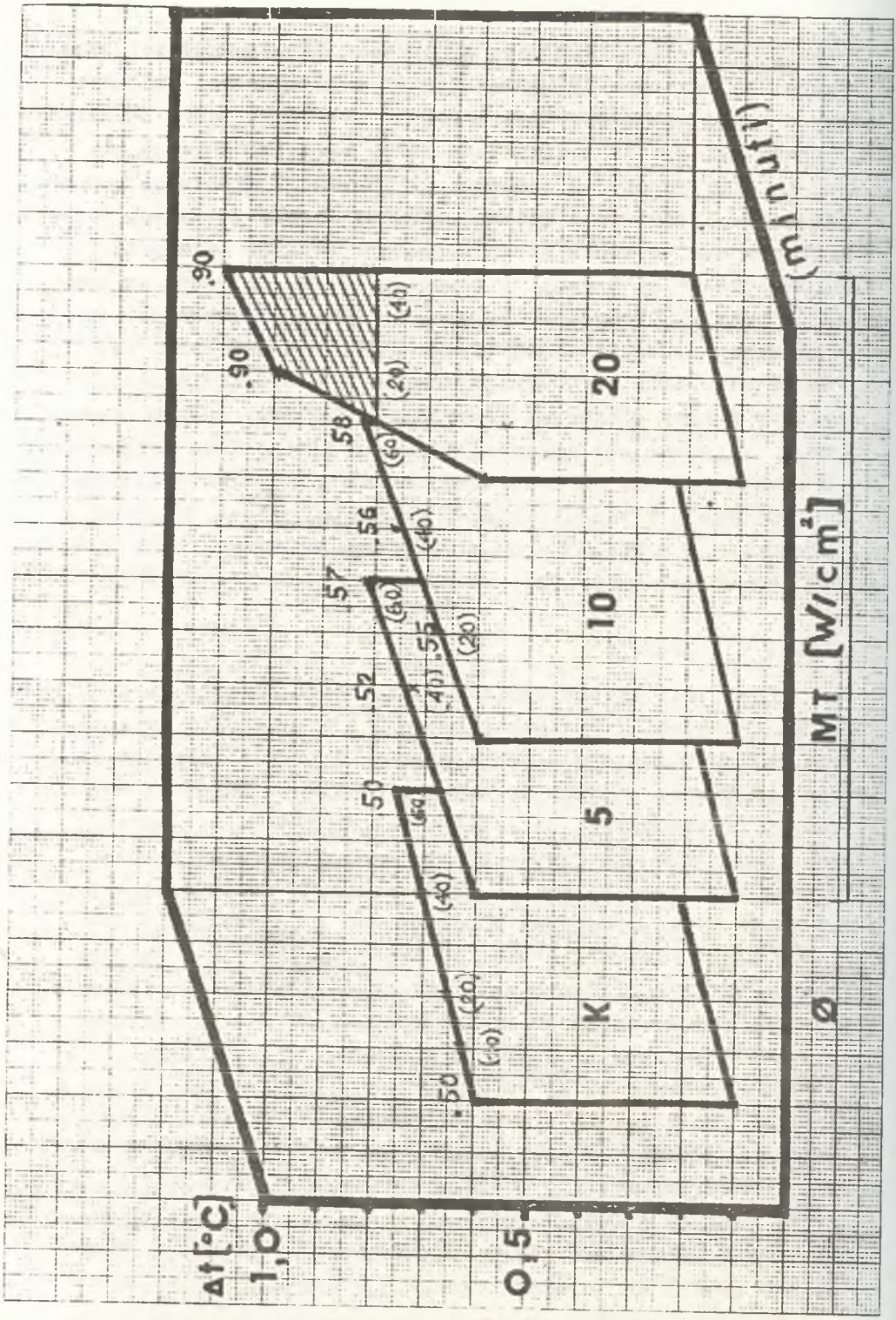
Termička merenja kontrolne grupe životinja bila su

bila su izvršena kod onih koje su provele 60 min u eksperimentalnom boksu bez ikakvog tretiranja mT i to u vreme: pre stavljanja u boks, nakon provedenih 60 min u boksu i posle 60 min od vremena izlaska iz boksa. Isto tako, termička merenja su vršena na životinjama iz oglednih grupa pre mT zračenja, posle završetka ozračivanja (odmah) i 60 min posle završenog tretiranja. Za sva termička merenja upotrbljavan je termograf "Hartmann-Braun" sa 6 kanal i posebnih sondi, po jedna za svaku mernu regiju: čeono-temenn, spoljnu stranu podlaktice, sredinu kičmenog stuba, spoljnu tsranu buta, trbušni zid i rektumu. Za 60 min posle ozračavanja merena je temperatura mišića podlaktice i buta ubadanjem termosonde. Pri svim mernim procedurama korišćene su: iglaste, dugmaste i elastične termosonde. U svakoj oglednoj i kontrolnoj grupi bilo je po 6 životinja. Ozračivanje kontinuiranim mT energijom vršeno je prema sledećem planu: 5 mW/cm^2 - 60 min., 10 mW/cm^2 - 20, 40 i 60 minuta, 20 mW/cm^2 - 10, 20 i 40 minuta.

Rezultati i diskusija

Rezultati eksperimentalnih termičkih merenja su statistički obradjeni i prikazani kao srednje vrednosti svih šest mernih regija životinja u jednoj grupi za svaki vremenski interval kao što se to vidi na našem grafikonu. Za svaku mernu regiju proračunavana je razlika u temperaturi pre ozračivanja, odmah nakon završetka mT tretmana i posle 60 minuta. Termogram životinja kontrolne grupe pokazuje da telesna temperatura za vreme provedeno u boksu, kao i 60 min posle izlaska iz njega, ne varira više od 0,5°C. Slično je i na termogramu životinja zračenih sa 5 mW/cm^2 (0,52-0,57°C), kao i kog kunića ozračenih sa 10 mW/cm^2 (0,52-0,58°C) ali oni nisu statistički značajne u odnosu na kontrolnu grupu. Temperatura kunića ozračenih sa mT 20 mW/cm^2 10 minuta ne razlikuje se od onih kod kontrola ali pčev od vremena 20 minuta zapaža se značajni porast temperatura u svim mernim regijama (0,9°C) a naročito rektalna (1°C). Rezultati merenja temperatura u mišićima lakatne i butne regija 60 minuta posle ozračivanja pokazuju temperature bez odstupanja i kreću se u opsegu 32 - 33°C, što govori da termički efekt nije trajnog karaktera.

Na osnovu dobijenih rezultata termičkih merenja malih


Δt [°C]
1,0
0,5
.90
.90
.58
.56
.57
.55
.52
.50
.50
(40)
(20)
(60)
(40)
(20)
(60)
(40)
(20)
(60)
(40)
(20)
(40)
K
5
10
20
Ø
MT [W/cm²]
(minuti)

doza MT kod kunića izloženih akutnom ozračivanju, može se izvesti zaključak, da intenziteti od 5 i 10 mW/cm^2 ne izazivaju statistički značajne promene temperature ozračenih tkiva u odnosu na kontrolnu grupu životinja. Medjutim, kontinuirano MT zračenje od 20 mW/cm^2 u trajanju 20 minuta i više predstavlja početak termičkog efekta u ozračenim tkivima. To potvrdjuje i porast telesne temperature za 1°C koju ozračeni kunić više ne može da komenzuje sopstvenim adaptacionim mehanizmima termoregulacije.

Abstract

The results of investigation of low level of MW radiation are presented. The aim of the work was to determine a treshold of the thermal effects of MW on rabbits by an objective method in vivo. The continued MW radiation of 5, 10 and 20 mW/cm^2 was applied for 20, 40 and 60 minutes and the animal temperature registrated in six regions. The results indicate the existance of the thermal trshold of the effects of microwave radioation of 20 mW/cm^2 applied for 20 minutes.

Literatura

1. Procc.of Simp. on Health Aspects of Nonionizing Rad, New York Acad. of Med. 55 (1979), 973.
2. Envir. Health Criteria for Radiofrequency and Microwaves, WHO 1980.
3. Michelson S.: Procc. of IEEE 68 (1980), 40.

XIII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13. juni 1985.

Todorović D. i Janković-Zagorčić A.
Veterinarski fakultet, Beograd

AKUTNO I HRONIČNO OZRAČIVANJE PIGMENTISANE I NEPIGMENTISANE KOŽE SKROTUMA PASA OZRAČENIH HE-NE LASEROM

Sadržaj : U okviru istraživanja i utvrdjivanja oštećenja kože izložene akutnom (jednokratnom i višekratnom) i hroničnom (tokom meseo dana) ozračivanju He-Ne laserom, snage 20 mW, izvršena su patohistološka ispitivanja pigmentisane i nepigmentisane kože skrotuma pasa, kao i razvoja reparatornih procesa nastalih posle prestanka zračenja.

Uvod

U našim predhodnim ispitivanjima (1) utvrdjen je prag oštećenja za nepigmentisanu kožu ekstremiteta pasa, izloženu jednokratnom i višekratnom akutnom ozračivanju He-Ne laserom, a na osnovu patohistoloških nalaza. Ovaj rad je nastavak ispitivanja oštećenja nastalih pri akutnom i hroničnom He-Ne laserskom zračenju, pigmentisane i nepigmentisane kože skrotuma pasa. Koža skrotuma se razlikuje od kože na drugim delovima tela domaćih životinja po svojoj histološkoj gradji, odnosno debljini pojedinih slojeva (epidermis, korijum, subkutis, masno tkivo) i rasporedu ćelija (melanin, keratin), kao i lojnih i znojnih žljezda i vaskularizaciji, a u smislu povećane osetljivosti na različite etiološke faktore oštećenja.

Materijal i metoda

Ozračivanja su vršena He-Ne laserom, model 124 B (Spectra Physics) talasne dužine 632.8 nm, snage izlaznog zraka 20 mW i zračnog prečnika od 1 mm. Ispitivanja su vršena na klinički zdravim psima (mešancima), uzrasta oko 3 godine. Mesto zračenja kože skrotuma na levom fiksiranom testisu je markirano. Koža desne strane skrotuma služila je kao kontrola. Materijal za ispitivanje svrstan je u 3 osnovne grupe i dve podgrupe. I grupu sačinjavali su psi akutno ozračeni 5 minuta jednokratno i psi zračeni višekratno (tokom 3 dana) po 5 minuta. II grupu pasa zračili smo 30 dana svakodnevno po 5 minuta, a zatim uzimali uzorke kože skrotuma. III grupa pasa ozračivana je takodje tokom mesec dana po 5 minuta, ali su uzorci kože za patohistološka ispitivanja

uzimani tek mesec dana po prestanku zračenja. U svakoj od ove tri eksperimentalne grupe postojale su 2 podgrupe. Podgrupu A činili su psi sa jako izraženom pigmentacijom kože skrotuma, a podgrupu B - psi sa nepigmentiranom kožom skrotuma.Posle uzimanja kože skrotuma je odmah fiksirana u 10% neutralnom formalinu i Bouinu. Posle uobičajene histološke tehnike,serije isečaka bojene su H.E. i Weigert van Giesson metodom.

Rezultati i diskusija

Patohistološkim pregledom isečaka tkiva kože skrotuma I grupe, podgrupe A, zapažaju se promene na epidermu i korijumu. Na epidermu izražena je hiperkeratoza i kariopiknoza epidermalnih ćelija. Uočava se i pojava subepidermalnih vezikula, koje nastaju kao rezultat liziranja bazalnih ćelija i oštećenja kolagena gornjih slojeva korijuma. Isto tako, zapaža se hiperemija krvnih sudova, pojava manjih edemskih lokaliteta i prisustvo mononuklearnih ćelijskih elemenata. Pri pregledu isečaka kože skrotuma podgrupe B, promene odgovaraju nadjenim promenama za nepigmentiranu kožu, samo što su one po svom intenzitetu jače izražene. Ovo se manifestuje jačom hiperkeratozom, većim edemskim područjima i pojavom masivnijih mononuklearnih ćelijskih infiltrata.

Pregledom serije isečaka kože II grupe, podgrupe A, zapažaju se subepidermalne i intraepidermalne vezikule nastale usled liziranja ćelija pojedinih slojeva epiderma. Osim toga, zapažaju se i subkornealne velzikule, a u gornjem sloju korijuma difuzna infiltracija mononuklearima. Krvni sudovi korijuma pokazuju hiperemiju praćenu ekstravazacijom. Pregledom isečaka podgrupe B, ustanovljena je agravacija promena samo po intenzitetu u odnosu na podgrupu A. Tako subkornealne vezikule nekada dostižu razmere bula, a mononuklearni ćelijski elementi zauzimaju područja polisebacealnih struktura.

Patohistološke promene isečaka kože skrotuma III grupe, odgovaraju promenama nadjenim na isečcima II grupe uz uporednu pojavu umnožavanja vezivnog tkiva, kompresiju manjih krvnih sudova i inicijalne znake atrofije žljezdanih elemenata.

Na osnovu naših nalaza može se reći da su promene na koži skrotuma akutno ozračivanih pasa (I grupa) daleko slabije od promena ustanovljenih pri hroničnom ozračivanju (grupa II). Razlika nije samo u kvantitetu, već i u kvalitetu promena, a posebno u lokalizaciji nadjenih alteracija. Osim toga, imajući u vidu lite-

returne podatke (2, 3, 4), promene na skrotumu pasa su mnogo intenzivnije od promena opisanih na koži ljudi i eksperimentalnih životinja. Uzrok ovome može biti razlika u strukturi skrotalne kože, odnosno veća osetljivost kože pasa na laserska zračenja. U okviru grupa postoji razlika patohistoloških promena u podgrupama, ali samo u njihovom intenzitetu, pri čemu jače pigmentisana koža pokazuje i intenzivnije promene. Prema nalazima patohistograma u III grupi, možemo istaći da su reparatorni procesi nešto sporijeg toka, nego što bi se to moglo očekivati u poredjenju sa lezijama sličnim po kvalitetu i kvantitetu prouzrokovanim nekim drugim etiološkim agensom. Ostaje otvoreno pitanje šta usporava odbranbenu reakciju tkiva, odnosno reparacione procese u koži skrotuma hronično ozračenih pasa.

Abstract

During the investigation of the skin damage and evaluation of the results of an acute (occuring once and repeated) and chronic (during one month) irradiation of the skin by He-Ne laser, of 20 mW power, the patho-histological examination of pigmented and non pigmented skin of the dogs scroti as well as the investigatiom of the development of the reparatory processes that occured after the irradiation, were undertaken.

Literatura

1. Janković-Zagorčić, A., Matić G.: Zbornik na trudovi XII Jugoslovenski simpozium za zaštita od zračenje, kniga II, 543-548, 1983., Ohrid.
2. Goldman, L.: Fed.Proc. 24, S-92, 1965.
3. Goldman, L. et all.: Journal Invest. Dermatol. 40,121, 1963.
4. Goldman, L.: Arch.Environ.Health 18, 434, 1969.

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Pula, 10-13.lipnja 1985.

Dr Jasminka Goldoni
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

HEMATOLOŠKE PROMJENE U PERIFERNOJ KRVI RADNIKA PROFESIONALNO IZLOŽENIH MIKROVALOVIMA

Sažetak

U skupini radnika profesionalno izloženih mikrovalovima uspoređeni su rezultati hematoloških pretraga izvršenih 1982. i 1984. godine. U tom vremenskom razdoblju utvrđen je statistički značajan pad broja leukocita i trombocita u perifernoj krvi izloženih radnika. Također je u jednokratnom ispitivanju 1984. godine nađen značajno manji broj eritrocita i leukocita u skupini izloženih radnika u odnosu na kontrolnu skupinu.

Uvod

Mišljenja istraživača o reakciji hematopoetskog sustava na izlaganje mikrovalovima su podijeljena. Neki smatraju da ni akutna ni kronična izloženost zračenju ne utječe značajno na hematopoezu, dok većina opisuje različite hematološke promjene prilikom izlaganja mikrovalovima (1,2).

Ispitanici i metode

U okviru ispitivanja biomedicinskih učinaka mikrovalova izvršen je opsežan medicinski pregled skupine radnika profesionalno izloženih izmjerenom nivou zračenja. U ovom radu su opisani rezultati slijedećih hematoloških pretraga: broja eritrocita, leukocita, trombocita, retikulocita i diferencijalne bijele krvne slike. Navedene pretrage su izvršene 1982. i 1984. godine aparatom "Coulter Counter", model "S Plus", u skupini od 14 radnika profesionalno izloženih mikrovalovima.

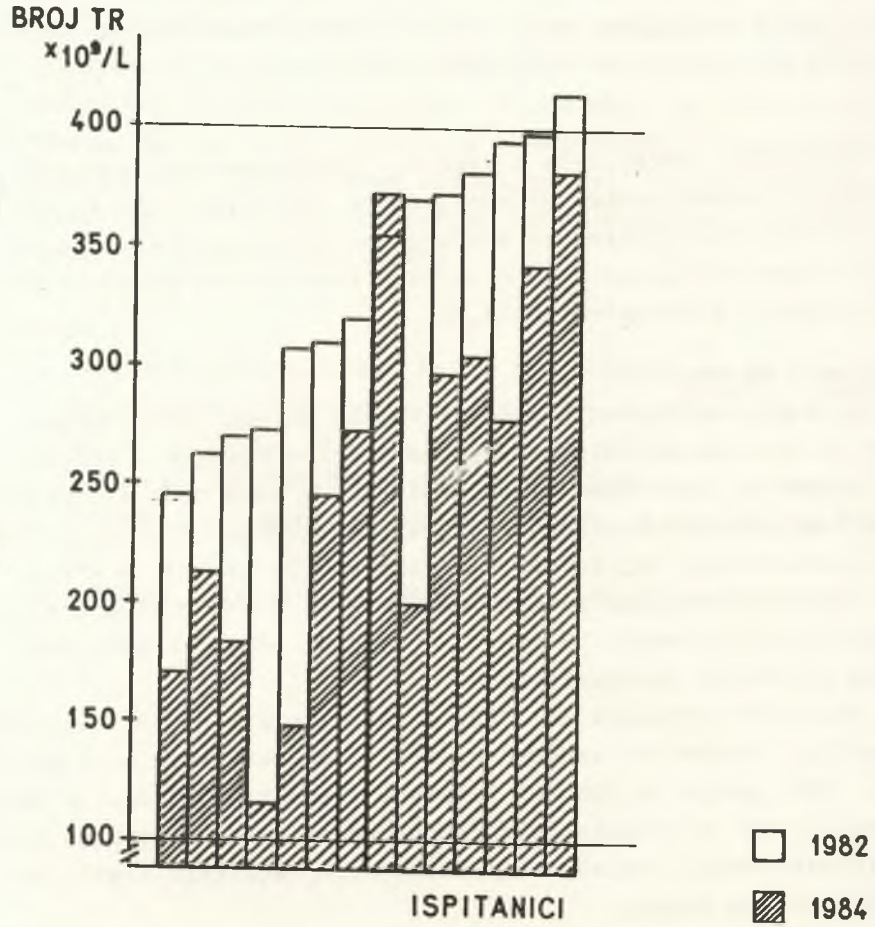
Rezultati pretraga iz 1982. i 1984. su uspoređeni t-testom diferencije. Također su uspoređeni rezultati navedenih pretraga vršenih 1984. godine u skupini izloženih radnika u odnosu na nalaze u skupini od 10 radnika iste radne organizacije koji nisu izloženi mikrovalovima. Značajnost razlike ovih rezultata testirana je i Fischerovim testom.

Rezultati i diskusija

Usporedbom nalaza hematoloških pretraga istih izloženih radnika utvrđen je statistički značajan pad broja leukocita i trombocita 1984. u odnosu na 1982. godinu. Statistička obrada je također pokazala da je broj eritrocita i leukocita 1984. godine značajno manji u skupini izloženih radnika nego u referentnoj grupi. Razlike u broju i odnosu ostalih krvnih stanica nisu statistički značajne. Rezultati su grafički prikazani na sl.1-4.

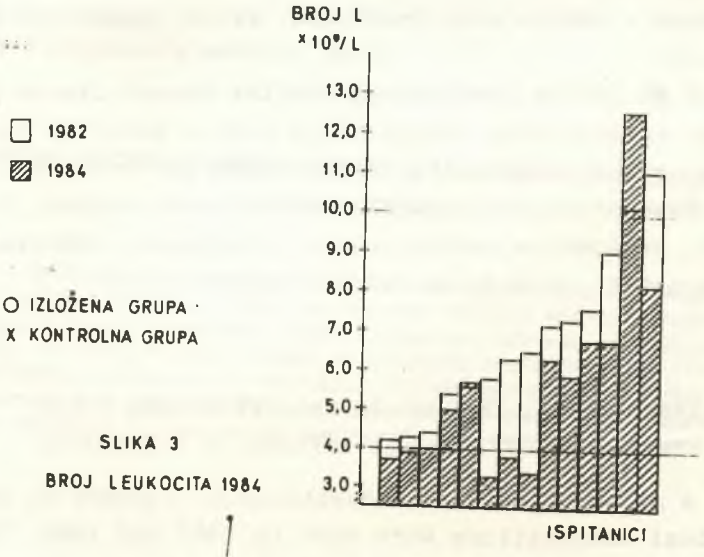
SLIKA 1

BROJ TROMBOCITA ISTIH ISPITANIKA 1982. I 1984.



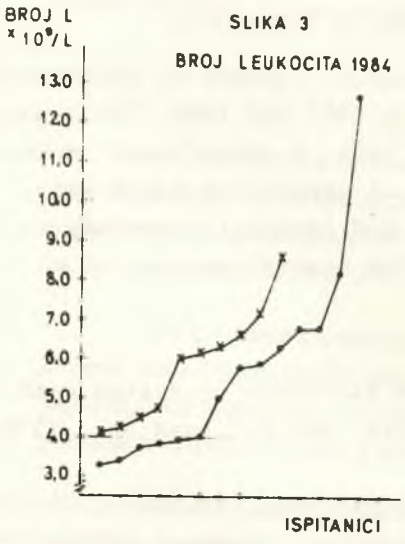
SLIKA 2

BROJ LEUKOCITA ISTIH ISPITANIKA 1982 I 1984



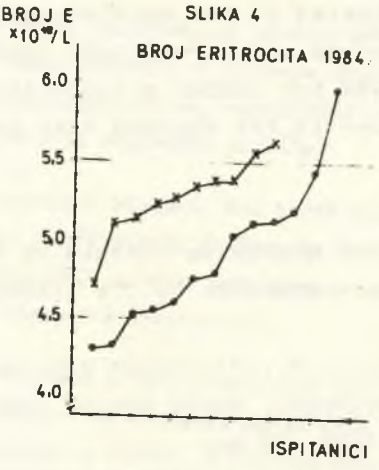
SLIKA 3

BROJ LEUKOCITA 1984



SLIKA 4

BROJ ERITROCITA 1984



Navedeni rezultati su u skladu s u literaturi opisanim reakcijama hematopoetskog sustava na izlaganje mikrovalovima. Prilikom laboratorijskih pokusa, kao i epidemioloških studija, najčešće je uočeno, uz retikulocitozu, postupno opadanje broja krvnih stanica - obično prvo leukocita, zatim trombocita i eritrocita (3,4).

Niti za jednog pregledanog radnika nemamo ulazne nalaze za usporedbu zdravstvenog stanja prije rada s izvorima mikrovalova i sada, nakon višegodišnje ekspozicije tim izvorima. Iako stoga ne možemo procijeniti koji su od opisanih nalaza, i u kojoj mjeri, posljedica profesionalne izloženosti mikrovalovima, naši nas rezultati upućuju na daljnja istraživanja.

Abstract

HAEMATOLOGICAL CHANGES IN THE PERIPHERAL BLOOD IN WORKERS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO MICROWAVES

In a group of workers occupationally exposed to microwaves, haematological examinations were done in 1982 and 1984. The results were evaluated by the matched-pairs test. A significant decrease of leucocyte and thrombocyte count in peripheral blood was found. In 1984 the number erythrocytes and leukocytes was significantly lower in the exposed than in the control group.

Literatura

1. Czerski,P.: Microwave effects on the bloodforming system with particular reference to the lymphocyte. Ann.N.Y.Acad.Sci.,1975. 247-232.
2. Michaelson,S.M.: Microwave and radiofrequency radiation,ICP/CEP 803. Copenhagen, World Health Organization, Regional Office for Europe, 1977, 98 pp.
3. WHO: Nonionizing radiation protection. Copenhagen, World Health Organization, Regional Office for Europe, 1981 (WHO Regional Publications European Series No.10)
4. WHO: Radiofrequency and microwaves, Geneva 1981 (Environmental Health Criteria, No.16)

XIII JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
PULA, 10-13. lipnja 1985.

Alunić Lj. i Bakić J.
Institut za pomorsku medicinu, Split

MIKROVALNO ZRAČENJE I NJEGOV UTJECAJ NA POKRETLJIVOST I MORFOLOŠKO STANJE SPERMIJA

Prikazuje se raspored intenziteta mikrovalnog zračenja na palubama nekih plovnih objekata za vrijeme emisije visokofrekventne energije radarskih sistema u okolni prostor. Zavisno od udaljenosti antenskog sistema, članovi posade su izloženi zračenju većeg ili manjeg intenziteta. Prikazuju se rezultati morfološkog stanja i pokretljivosti spermija kod grupe od 74 ispitanika profesionalno izložene mikrovalnom zračenju i grupe od 38 ispitanika kao kontrolne grupe.

U V O D

U pomorstvu radar predstavlja nezamjenjivo elektronsko sredstvo koje služi za otkrivanje, identifikaciju i praćenje objekata na moru i zraku, upravljanje artiljerijskom vatrom, navodjenje projektila te za navigaciju brodova bez obzira na vremenske prilike.

Većina radara rade kao impulsni sistemi, kod kojih radarska antena ima zadatak da pri predaji zrači visoko frekventnu energiju predajnika, kao energiju elektromagnetskih valova, usmjereno u okolni prostor u obliku glavnog i više sporednih snopova.(1)

Članovi posade plovnih objekata u toku obavljanja svojih zadataka u vezu, manevru ili vožnji izloženi su zračenju ugradjenih radarskih sistema. Na palubama postoje područja u kojima je gustoća snage zračenja ili intenzitet zračenja na jedinicu površine značajno povećan i može premašiti dopuštene norme sigurnosti izražene u W/m^2 ili kao što je uobičajeno u mW/cm^2.

Razilaženje stavova i mišljenja nekih autora o utjecaju mikrovalnog zračenja na testise odnosno spermatogenezu eksperimentalnih

životinja i ljudi, potakli su nas da pristupimo ispitivanju utjecaja mikrovalnog zračenja na posade plovnih objekata.(2,3,4,5,6).

Cilj rada je utvrditi položaj štetnih zona zračenja, odnosno utvrditi intenzitet mikrovalnog zračenja na odabranim mjestima paluba nekih tipova plovnih objekata, kao i utvrditi utjecaj tog zračenja na morfološka stanja i pokretljivost spermija eksponiranog osoblja posade.

MATERIJAL I METODA

Intenzitet mikrovalnog zračenja mjeren je na pramčanom i krmenom dijelu te na komandnom mostu, na tri tipa plovnih objekata (A, B i C), na kojima su ugradjeni radarski sistemi s radnom frekvencijom u X području. Mjerenja su izvršena na osi glavnog snopa zračenja pod raznim kutevima elevacije antenskog sistema i kod najnepovoljnijih režima rada radarskih predajnika.

Morfološka stanja i pokretljivost spermija praćena su kod grupe od 112 ispitanika. Ispitanici su bili članovi brodske posade s godinama starosti od 21 do 45. Od toga je grupa od 74 ispitanika profesionalno izložena mikrovalnom zračenju različitog intenziteta,zavisno o položaju radnog mjesta na palubi samog objekta. Druga grupa od 38 ispitanika predstavlja kontrolnu grupu, čija se radna mjesta nalaze u podpalublju i nisu izložena utjecaju mikrovalnog zračenja.

Ispitivanje sperme vršeno je modificiranom metodom po Colmeru, dok se interpretacija rezultata vršila prema Jouannetu.(7).

REZULTATI MJERENJA I RASPRAVA

Maksimalno izmjeren intenzitet mikrovalnog zračenja u mW/cm^2 na pramčanom i krmenom dijelu, te na komandnom mostu plovnih objekata A, B i C prikazan je tabelarno u tablici 1. Intenzitet zračenja prikazan je u skladu s važećim maksimalno dopuštenim intenzitetima, koji se primjenjuju kod odredjivanja sigurnosnih zona radi zaštite zaposlene posade u blizini radarskih sistema.(5,8)

Iz tablice 1 je vidljivo da su neki dijelovi plovnih objekata u toku rada

DIO PALUBE	TIP PLOVNOG OBJEKTA		
	A (mW/cm^2)	B (mW/cm^2)	C (mW/cm^2)
PRAMČANI DIO	> 0,1	< 0,01	> 1
KRMENI DIO	> 1	> 0,01	< 0,01
KOMANDNI MOST	> 1	> 1	> 1

Tablica 1

radarskih sistema izloženi visokim intenzitetima zračenja. Prema tome su i članovi posada na palubama izloženi utjecaju zračenja većeg ili manjeg intenziteta u toku radnog vremena.

Prema položaju i eksponiranosti radnog mjesta na palubama plovnih objekata, te prema dužini radnog staža u zoni zračenja, članovi posade, odnosno ispitanici razvrstani su u tri podgrupe (tablica 2).

GODINE STAŽA	POLOŽAJ RADNOG MJESTA			
	PRAMAC	KOMANDNI MOST	KRMA	PODPALUBLJE
0 do 10	13	27	7	22
11 do 20	2	11	10	13
21 do 30	0	3	1	3
U K U P N O	15	41	18	38

Tablica 2

Prvu grupu sačinjava 15 ispitanika, koji u toku radnog vremena borave na pramčanom dijelu i izloženi su zračenju intenziteta u intervalu od 0,1 mW/cm i iznad 1 mW/cm.

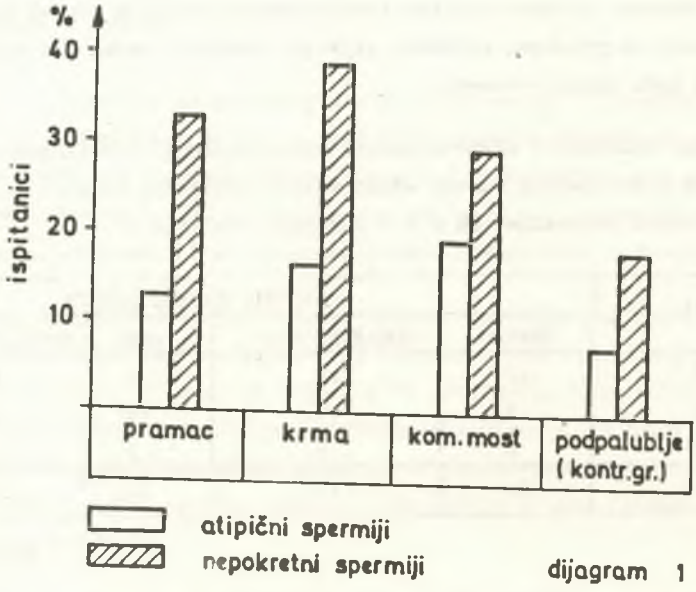
Drugu podgrupu sačinjava 41 ispitanik, koji borave na krmenom dijelu, a izloženi su zračenju iznad 1 mW/cm^2 samo na objektu tipa A.

U trećoj podgrupi nalazi se 18 ispitanika, koji za vrijeme vožnje i rada radarskog sistema borave isključivo na komandnom mostu i izloženi su zračenju intenziteta iznad 1 mW/cm^2 na sva tri tipa plovnih objekata.

Od niza vrijednosti registriranih u ispitivanju sperme po modificiranoj metodi po Colmeru, odlučili smo se za registraciju broja nepokretnih i atipičnih spermija. Broj spermija u 1 ml nije uzet kao relevantna

vrijednost zbog velikih razlika u apstinenciji ispitanika iz odabrane grupe. Poznato je da se neovisno o danima apstinencije ne mijenja odnos pokretljivosti i atipičnosti u jednom spermalnom uzorku, što više atipičnost može biti toliko tipična da spermanlni uzorak ima svoju karakterističnu distribuciju atipičnosti.

Dijagram 1 daje prikaz ispitanika s atipičnim i nepokretnim spermijima na palubama plovnih objekata i grupe ispitanika iz podpalublja kao kontrolne grupe.

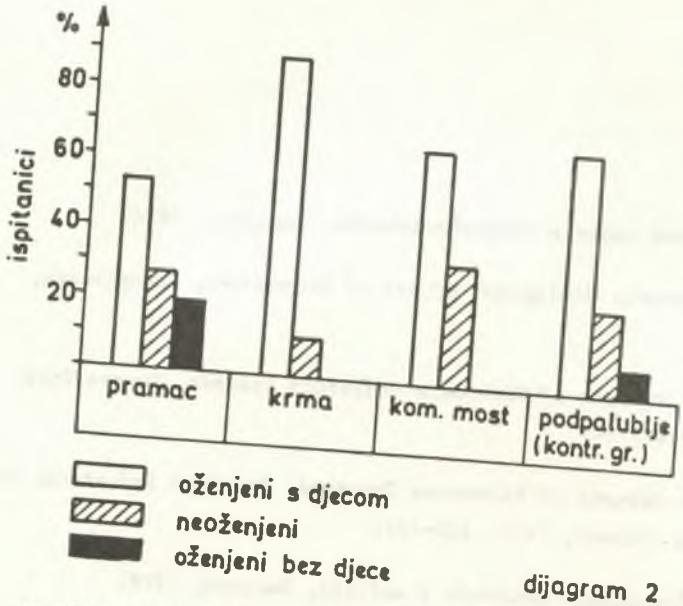


dijagram 1

Statističkom obradom nisu utvrdjene statistički značajne razlike u pojavi nepokretnih spermija kod profesionalno izloženih ispitanika i kontrolne grupe ($t=1,57$, $P>0,05$).

U pogledu ispitivanja tipičnosti spermija nisu utvrdjene statistički značajne razlike kod profesionalno izloženih ispitanika i kontrolne grupe ($t=1,46$, $P>0,05$), što više nema ni statistički značajne razlike u pojavi atipičnosti kod ispitanika s komandnog mosta, kao najizloženijeg brodskog lokaliteta, i kontrolne grupe ($t=0,07$, $P>0,05$).

Uz navedeno, u dijagramu 2 dan je prikaz bračnog stanja te brakova s djecom i bez djece istih grupa ispitanika.



dijagram 2

Statističkom obradom nisu utvrdjene statistički značajne razlike u fertilitetu profesionalno izloženih ispitanika i kontrolne grupe (t=0,20, P >0,05).

Z A K L J U Č A K

Izmjereni intenzitet mikrovalnog zračenja na palubama plovnih objekata A, B i C pokazuje da su na nekim dijelovima paluba izrazito visoki intenziteti zračenja. Nakon izvršenih ispitivanja profesionalno izložene grupe ispitanikai kontrolne grupe utvrdjeno je da kod njih nema odstupanja od normalnih vrijednosti za pokretljivost i atipičnost spermija, kao ni u fertilitetu, što upućuje na poštivanje režima ograničenja boravka odnosno pridržavanja mjera zaštite na palubama plovnih objekata.

S U M M A R Y

Described is a lay out of microwave radiation intensites on the decks of some sea vessels during the radar system high frequency energy emission to the surrounding area. The crew members were exposed to lower or higher radiation intensities depending on the distance from the antenna system. Brought out and compared to a control group of 38 examinees are the examination results of the morfological conditions and movability in the spermium of the 74 examinees professionally exposed to microwave radiation.

L I T E R A T U R A

1. *B.Dj.Popović: Osnovi teorije radarske tehnike, Sarajevo, 1970.*

2. *S.Baranski i P.Czerski: Biological Effect of Microwaves, Pensylvania, USAA, 170.*

3. *W.W.Mumford: Some Aspects of Microwave Radiation Hazards, Proceedings of the IRE, 1961. 427-447.*

4. *Sol M.Michaelson: Aspects of Microwave Exposure, American Industrial Higiene Association Journal, 1971. 339-345.*

5. *Z.Djordjević: Mikrotalasno zračenje i zaštita, Beograd, 1978.*

6. *A.Ch.Achmadieva, E.N.Smirnova, E.G.Akoev: Microwave Efect on Mice Spermatogenesis, Symposium International, Paris, 1980.*

7. *P.Jovannet: Comment interpreter un spermiogramme, Rev.Prat.29:32, 2602-4, 1979.*

8. *Jugoregistar: Pravila o gradnji pomorskih brodova, dio XII, Zaštita na radu, 1976.*

9. Okrugli stol na temu: "UJEDNAČAVANJE KRITERIJUMA ZA PRIZNAVANJE PROFESIONALNIH OBOLJENJA NASTALIH KAO POSLEDICA DEJSTVA IONIZUJUĆIH ZRAČENJA"

I. U V O D N E N A P O M E N E

Grupa stručnjaka koji se bave medicinskom zaštitom lica profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima pokrenula je krajem 1984. godiine inicijativu za izradu orijentacionih kriterijuma za priznavanje obolenja nastalih kao posledica dejstva jonizujućih zračenja za profesionalna. Na osnovu ove inicijative održana su dva sastanka i to: 2o.decembra 1984. god. u Institutu za zdravstvenu zaštitu Medicinskog fakulteta u Novom Sadu (Prim.Dr Paula Čremošnik-Pajić), i 28.februara 1985. god. u Laboratoriju za mutagenezu Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu (Dr Djurdja Horvat). Na sastancima su učestvovali stručnjaci iz Novog Sada, Skoplja, Zagreba i Beograda (sastanak u Novom Sadu) i Zagreba, Karlovca, Ljubljane, Škofje Loke, Novog Sada i Beograda (sastanak u Zagrebu). Polazeći od savremenih naučnih i stručnih saznanja i postavki kao i od tudjih i sopstvenih iskustava, razmotrehe su polazne osnove i prodiskutovani opšti kriterijumi i specifični uslovi za krvotvorne organe, kožu, očno sočivo, stohastičke efekte-maligna obolenja, kromosomske aberacije, perifernu cirkulaciju.

Budući da su za ove sastanke bili pripremljeni i odgovarajući materijali kao polazne teze za uvod u diskusiju i da je ocenjeno da se radi o izuzetno značajnom, od šireg interesa stručnom i praktičnom problemu, dogovoreno je da se ti materijali obrade i saopšte na XIII Jugoslovenskom simpozijumu o radiološkoj zaštiti, u Puli od lo. do 13.juna 1985. god. i to u okviru posebne diskusije okruglog stola, s tim što će se za Zbornik radova Simpozijuma materijal dati u vidu nešto detaljnijih sažetaka, dok će se za samu diskusiju okruglog stola pripremiti i odgovarajući referati.

Tekstovi sažetaka, koji slede, prezentirani su onako kako su od autora dati.

II. S A Ž E T C I

1. Pajić-Čremošnik P., Strugar J. i Panov D.

Institut za zdravstvenu zaštitu Medicinskog fakulteta, Novi Sad
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd

PROMENE U KRVI I KRVOTVORNIM ORGANIMA
PROCENA RADNE SPOSOBNOSTI

Promene koje izazivaju jonizujuća zračenja u krvi i krvotvornim organima nemaju posebne specifičnosti na osnovu kojih možemo da utvrdimo da se radi o oštećenjima izazvanim dejstvom jonizujućih zračenja. Procena radne sposobnosti odredjuje se na osnovu pozitivne radne anamneze o radu sa izvorima ili u zoni jonizujućih zračenja, dužine ekspozicije, dozimetrijskih podataka o stepenu izloženosti i odredjenih he-

matoloških nalaza. Poremećaji koji nastaju u krvotvornim organima mogu se ispoljiti bilo u hipofunkciji jedne ili svih krvnih loza, bilo u proliferaciji, najčešće, granulocitne loze.

Hipoplastične promene u krvnim lozama smatraju se tranzitornim oštećenjima, koja se obično repariraju posle privremenog uklanjanja iz zone dejstva jonizujućih zračenja. Lica kod kojih se ustanove odstupanja od odgovarajućih vrednosti predvidjenih zakonskim propisima, najmanje posle dva uzastopna pregleda obavljena u roku od nekoliko dana, proglašavaju se privremeno nesposobnim za rad u zoni jonizujućih zračenja i predlaže njihovo upućivanje u neku od ustanova za prevenciju, lečenje i rehabilitaciju obolelih od bolesti krvi, a oštećenja se tretiraju kao tranzitorno profesionalno obolenje. Lica kod kojih se hipoplastične promene održavaju najmanje šest meseci posle udaljavanja iz zone dejstva jonizujućih zračenja proglašavaju se trajno nesposobnim za rad u zoni jonizujućih zračenja, a obolenje se smatra profesionalnim. Da bi se obolenje priznalo kao profesionalno potrebna je, u slučaju utvrdjene leukocitopenije ili trombocitopenije, dužina ekspozicije od najmanje jedne godine, a u slučaju utvrdjene hipoplastične anemije, najmanje tri godine.

Lica kod kojih su konstatovane maligne alteracije u hematopoezi oglašavaju se trajno nesposobnim za rad u zoni jonizujućih zračenja, a obolenje se može priznati kao profesionalno, ukoliko dužina ekspozicije u zoni jonizujućih zračenja iznosi najmanje deset godina.

2. Jeremić M.

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

PROFESIONALNA OŠTEĆENJA KOŽE
PROCENA RADNE SPOSOBNOSTI

Pri davanju mišljenja o radnoj sposobnosti akutna oštećenja kože i konsekutivna stanja posle ovih oštećenja treba ceniti kao povrede na radu, a preostalu radnu sposobnost treba odredjivati prema lokalizaciji, obimnosti i funkcionalnom poremećaju oštećenog dela, kao i na osnovu veličine apsorbovane doze.

Akutni radiodermatitis I stepena, budući da je reverzibilnog karaktera, ne predstavlja kontraindikaciju za dalji rad sa izvorima jonizujućih zračenja ukoliko, naravno, nije došlo do oštećenja i drugih, radiosenzitivnijih tkiva i organa, ali lice kod koga je konstatovano ovakvo oštećenje mora za odredjeno vreme posle izlečenja, u zavisnosti od veličine primljene doze, da bude udaljeno iz zone dejstva jonizujućih zračenja.

Akutni radiodermatitis II stepena nastaje kao posledica ekspozicije dozama od 8 do 12 siverta i reparativni procesi kod tih oštećenja traju dugo, nekad i mesecima. Već i zbog same veličine primljene doze lica koja su zadobila ovakva oštećenja nesposobna su i posle izlečenja za rad u zoni jonizujućih zračenja, dok im je opšta radna sposobnost očuvana.

Akutni radiodermatitis III stepena dovodi do teških i često ireparabilnih promena u dubljim tkivima koje, ponekad, zahvataju i kost. Posledice ovih oštećenja su česte kontrakture i torpidne ulceracije koje traju veoma dugo, nekad i godinama i izazivaju, često, teške funkcionalne poremećaje u oštećenom delu tela. Lica zahvaćena oštećenjima III stepena nesposobna su za rad u zoni jonizujućih zračenja, a nisu sposobna ni za rad na radnim mestima na kojima bi ledirana koža bila u kontaktu sa mehaničkim, termičkim, hemijskim ili drugim iritansima, s obzirom da je ovako izmenjena koža veoma osetljiva na sekundarne uticaje i može predstavljati teren na kome će, godinama posle izlečenja, doći do stvaranja tardivnog ulkusa. Svaki slučaj oštećenja kože III stepena treba da bude predmet posebne medicinske ekspertize, gde će se na osnovu težine

anatomskih oštećenja i obimnosti funkcionalnih poremećaja doneti odluka o stepenu ograničenja radne sposobnosti.

Ocena radne sposobnosti kod hroničnih oštećenja nešto je komplikovanija, s obzirom da ova oštećenja nastaju postepeno, posle višegodišnje ekspozicije malim dozama zračenja, da stadijumi oštećenja nisu jasno ograničeni jedan od drugoga, i da komponente jednog stadijuma mogu preovladjivati nad komponentama drugog stadijuma.

Oštećenja koja karakterišu zapaljivi i sklerodermički stadijum (suvoća kože, osećaj zategnutosti kože, proredjivanje dlaka, laka atrofija, iščezavanje digitalnih otisaka na jagodicama prstiju, krtost, uzdužna izbrazdanost i laka lomljivost nokata) ukoliko nisu praćena težom atrofijom, keratozama i ragadama, ne predstavljaju kontraindikaciju za rad sa izvorima jonizujućih zračenja, uz češću kontrolu i striktno pridržavanje mera lične i opšte zaštite i ne treba ih smatrati, u smislu Zakona o invalidskom i penzionom osiguranju, profesionalnim obolenjem. Takvim licima, medjutim, treba apsolutno zabraniti dalje izlaganje kože direktnom snopu jonizujućih zračenja.

Pojavu keratoma i ulceracija na oštećenim delovima kože, s obzirom na njihov potencijalni malignitet, treba tretirati kao prekancerozna stanja koja predstavljaju apsolutnu kontraindikaciju za rad sa izvorima jonizujućih zračenja. Oštećenja ove vrste treba, u smislu Zakona o invalidskom i penzionom osiguranju, smatrati profesionalnim obolenjem.

Svaka maligna alteracija na oštećenoj koži, i posle ekstirpacije tumoroznog tkiva ili eventualne ekstirpacije dela ekstremiteta predstavlja, takodje, apsolutnu kontraindikaciju za dalji rad sa izvorima jonizujućih zračenja i treba je tretirati kao profesionalno obolenje.

Da bi se hronični radiodermatitis ili maligna alteracija na koži priznali kao profesionalno obolenje potrebna je dužina profesionalne ekspozicije od najmanje deset godina.

3. Jeremić M.

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

PROFESIONALNA KATARAKTA
PROCENA RADNE SPOSOBNOSTI

Prema Pravilniku o stručnoj spremi, zdravstvenim pregledima i zdravstvenim uslovima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja, svako lice pre stupanja na rad sa izvorima jonizujućih zračenja mora da bude podvrgnuto oftalmološkom pregledu u ovlašćenoj zdravstvenoj ustanovi, dok lica kojima je odobren rad sa izvorima jonizujućih zračenja podležu periodičnim pregledima na način kako je to predvidjeno zakonskim propisima za sva lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja.

Delikatan problem u pogledu odlučivanja o sposobnosti za rad sa izvorima jonizujućih zračenja predstavljaju početna, često kongenitalna, zamućenja sočiva. Većina oftalmologa smatra da mala kongenitalna zamućenja ne predstavljaju predisponirajući faktor u nastajanju docnijih profesionalnih katarakti i da nalaz ovakvih zamućenja ne treba da predstavlja kontraindikaciju za rad sa izvorima jonizujućih zračenja. Kod lica kod kojih se konstatuju početna zamućenja potrebno je obeležiti njihov geometrijski položaj i notirati njihove karakteristike radi daljeg praćenja tokom docnijih kontrolnih pregleda. Svaka potpuno izražena evolutivna katarakta predstavlja kontraindikaciju za rad sa izvorima jonizujućih zračenja.

Samoupravni sporazum o listi profesionalnih bolesti priznaje kataraktu izazvanu dejstvom jonizujućih zračenja kao profesionalno obolenje. Da bi se obolenje priznalo kao profesionalno potrebno je, pored tipične kli-

ničke slike, utvrditi približno i veličinu primljene doze, kao i dužinu ekspozicije, što kod lica kod kojih se katarakta javila kao posledica akcidentalnog ozračivanja ne predstavlja problem. Problem ponekad mogu da predstavljaju katarakte koje ne idu sa tipičnom slikom, odnosno, lokalizacijom promena. Imajući u vidu ulogu zračenja kao kofaktora u nastajanju presenilne katarakte naše je mišljenje da presenilnu kataraktu, koja ne ide sa tipičnom slikom radijacione katarakte a koja se pojavi kod osoba mladjih od pedeset godina, više godina izloženih malim dozama jonizujućih zračenja, treba tretirati kao profesionalnu. Da bi se katarakta priznala kao profesionalno obolenje potrebna je dužina profesionalne ekspozicije od najmanje pet godina.

4. Višnjić V.

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

ISPITIVANJE PERIFERNE CIRKULACIJE U OKVIRU TEME "UJEDNAČAVANJE KRITERIJUMA ZA PRIZNAVANJE PROFESIONALNIH OBOLENJA NASTALIH KAO POSLEDICA DEJSTVA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA"

Radiodermatitisi su najčešća patološka manifestacija direktne izloženosti jonizujućem zračenju. U manjem broju slučajeva dolazi do komplikacija u vidu karcinoma kože. Kao profesionalno najugroženiji smatraju se radiolozi, hirurzi, ortopedi, ftiziolozi i specifični profili industrijskih radnika.

Ispitivanja stranih i domaćih autora kazuju da kapilaroskopija služi kao dobar test pri proceni radijacionih oštećenja kože. Kapilaroskopija se u Jugoslaviji koristi u većem broju medicinskih centara koji se bave praćenjem bioloških efekata jonizujućeg zračenja. Pored kapilaroskopskog pregleda pod normalnim uslovima ispitivanja periferne cirkulacije smatramo za potrebno i ispitivanje pod uslovom povišenog intrakapilarnog pritiska, što ne zahteva posebna ulaganja, a daje značajne podatke. Za finije ispitivanje periferne cirkulacije treba uvesti pletizmografiju i digitalnu termometriju, a u pojedinim slučajevima, gde je moguće, reografiju i termografiju šaka.

5. Horvat.Dj.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Laboratorij za mutagenezu, Zagreb

ANALIZA KROMOSOMSKIH ABERACIJA U PRIZNAVANJU PROFESIONALNIH OBOLENJA NASTALIH KAO POSLJEDICA IONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA

Prisustvo odredjenog broja i tipa kromosomskih aberacija somatskih stanica predstavlja važan biološki pokazatelj izloženosti zračenju. U sistemu radiološke zaštite lica koja rade s izvorima zračenja, analiza strukturnih oštećenja kromosoma, rutinski se koristi u našoj zemlji od 1977. Pored redovitog fizikalno dozimetrijskog monitoringa, biološka dozimetrija, omogućuje na osnovu kromosomskih oštećenja, procjenu apsorbiranih doza zračenja, odnosno registraciju promjena u genomu stanica ozračenog organizma. Izuzetna korist ove metode je u slučajevima ozračenja pri kojima nije postojala fizikalno dozimetrijska kontrola, kod nerijetkih slučajeva u kojima postoji mogućnost "miješanog" internog i eksternog ozračenja; u situacijama kad fizikalno dozimetrijska procjena nije zadovoljavajuća; u suspektnim slučajevima, te onda kada je prošlo dosta vremena (nekoliko godina) od ekspozicije do obrade pacijenta.

Broj i tip oštećenja u genomu stanica nakon zračenja pokazuje ovisnost o primljenoj dozi zračenja ili tzv. dose-response odnos. Pravilnost

odnosa kromosomskih aberacija i primljene doze očitija je pri višim dozama. Niže ekspozicije iziskuju metodski nešto drugačiji pristup, znatno veći broj analiziranih stanica, a odnos aberacija i doze nije tako pravilan.

Za rutinsku biodozimetriju neophodno je posjedovanje vrlo točnih kalibracijskih krivulja, dobivenih eksperimentalno u in vitro uvjetima. Na osnovu takovih podataka moguća je procjena apsorbiranih doza zračenja, neovisno o postojećoj fizikalno dozimetrijskoj procjeni.

Analiza kromosomskih aberacija moguća je u svim stanicama sa zadovoljavajućom proliferativnom sposobnosti. Koriste se stanice kože, koštane srži, jetre i druge. Najčešće se ipak radi in vitro kultura limfocita periferne krvi. Cirkulirajući limfociti pri tome se mogu smatrati kao višemilionski mikrodozimetri, koji se kreću organizmom i neprestano izmjenjuju izmedju cirkulirajuće krvi i ekstravaskularnih tkiva. Ti mikrodozimetri spontano ne pokazuju oštećenja izazvana zračenjem, ali ih mogu "konzervirati" u primarnoj formi tokom dugog vremenskog perioda, čak i više godina nakon ozračivanja. Citogenetska identifikacija lezija moguća je tek nakon in vitro kultivacije limfocita i preparacije kromosoma.

Prilog ove metode u dijagnostici profesionalnih oboljenja uzrokovanih jonizirajućim zračenjem naročito je koristan pri:

1. biodozimetrijskoj procjeni apsorbiranih doza zračenja, u akcidentalnim situacijama jednokratne ekspozicije. Točnost procjene doze, uz ostalo, uvjetovana je i vremenskom distancom od ozračenja do analize.
2. Ocjeni da li je odredjena osoba uopće bila ozračena. Tu se koristi samo orijentaciona procjena većeg ili manjeg ozračenja, ali ne i procjena primljene doze. Takov tip analize primjenjiv je za osobe koje su tokom rada mogle biti kronično izložene frakcioniranim malim dozama zračenja. Pri tom su doze najčešće ispod ili tek povremeno nešto iznad tzv. MDD. U takovim slučajevima redovito je prisutan veliki vremenski razmak od ekspozicije do obrade pacijenta. Analiza kromosomskih aberacija iz limfocita (zbog njihove sposobnosti "konzerviranja" lezije) pruža mogućnost donošenja zaključaka:
   - da li u genomu somatskih stanica limfocita uopće postoje citogenetski detektabilne promjene
   - jesu li te promjene po broju i tipu u granicama normalnog, suspektne ili apsolutno ukazuju na odstupanje od normalnog.
3. U obradi pacijenta neophodan je uvid u sve prethodne nalaze periodičkih kontrola kromosomskih aberacija, uključujući i predekspozicijski nalaz.

6. Besarabić M., Djukić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", OOUR Laboratorija za medicinsku zaštitu "Radijaciona medicina", Beograd-Vinča

STOHASTIČKI EFEKTI U OKVIRU TEME "UJEDNAČAVANJE KRITERIJUMA ZA PRIZNAVANJE PROFESIONALNIH OBOLENJA NASTALIH KAO POSLEDICA DEJSTVA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Po preporukama Medjunarodne komisije za radijacionu zaštitu (ICRP publ.26) maligne bolesti su svrstane u stohastičke efekte dejstva jonizujućih zračenja.

Posle osamdesetogodišnjeg iskustva na eksperimentalnim životinjama i na ljudima, došlo se do zaključka da je komplikovanost problema tako velika, da nema jasnog objašnjenja suštine dogadjaja. Više teorija pokušava da objasni fenomen nastanka malignih bolesti pod dejstvom jonizujućih zračenja, medjutim većina naučnika smatra da je maligna alteracija rezultat udruženih akcija više faktora koji zajedno sa zračenjem mogu potencirati njegov biološki efekat. Teorije somatskih mutacija, lezija DNK, imune

reakcije tkiva, hormonska aktivnost, uloga ćelijske proliferacije, fizički parametri, hemijske nokse, biološke varijacije i osetljivost na tumore, usloviavaju zaključak da je neoplastična transformacija vidljiva tek na kraju kompleksnog lanca etioloških i patogenetskih dogadjaja koji pretvaraju tumorske ćelije u ireverzibilnu, nezaustavljivu proliferaciju izvan normalnog procesa kontrole.

Ako je ovo stav svetskog naučnog mnjenja danas, kakav stav može da se zauzme u okviru gore navedene teme?

Naša preporuka može da bude sledeća: u slučajevima kontrolisane, kontinuirane dugogodišnje ekspozicije zatvorenim izvorima jonizujućih zračenja uz isključenje drugih fizičkih, bioloških i patoloških faktora, ozračivanje se može smatrati kofaktorom u nastajanju malignih bolesti i može se reći samo da postoji verovatnoća za profesionalnu etiologiju. U slučaju izloženosti otvorenim izvorima, po vrsti i lokalizaciji malignih neoplazmi, može se sa većom verovatnoćom proceniti profesionalna etiologija (na primer: karcinomi pluća kod rudara u rudnicima uranijuma).

Svaki slučaj se mora razmotriti ponaosob i sa što je moguće više dokumentovanih aspekata.

7. Stojanović D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", OOUR Laboratorija za medicinsku zaštitu "Radijaciona medicina", Beograd-Vinča

KRITERIJUMI RADIOOSETLJIVOSTI FIZIOLOŠKIH SISTEMA I PROBLEMI DIFERENCIJALNE DIJAGNOZE U RADIJACIONOJ MEDICINI

Polazeći od stanovišta da nisu u potpunosti razradjeni kriterijumi za ocenu radioosetljivosti ljudi u uslovima profesionalnog izlaganja niskim dozama kada dominira individualna razlika u radioosetljivosti i da medju biološkim faktorima od kojih zavisi karakter i izraženost delovanja jonizujućih zračenja, reaktivnost organizma zauzima vrlo važno mesto, kao i praktične probleme diferencijalne dijagnoze, za diskusiju okruglog stola razmatranja bi se odnosila na sledeće aspekte:

- Mogućnosti utvrdjivanja i definisanja najvažnijih internih faktora fizioloških i patoloških prirode koji mogu da utiču na težinu i tok radijacionih oštećenja (funkcionalne, morfološke i biohemijske promene).
- Vrednovanje eksternih faktora za incidenciju ili egzacerbaciju radijacionih lezija (godišnje doba, temperatura, mikroklima, upotreba medikamenata, alkohola, duvana; izloženost drugim štetnim agensima fizičke ili hemijske prirode a koji mogu da budu potencijalni promotori radijacionih oštećenja.
- Relevantni testovi za utvrdjivanje reaktivnosti organizma na dejstvo jonizujućih zračenja.
- Osnovni diferencijalno dijagnostički problemi u odnosu na senzitivnost organa kao kritičnih i preporuke ICRP za opšte ozračivanje i ozračivanje od interno deponovanih radionuklida.

8. Djukić Z.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", OOUR Laboratorija za medicinsku zaštitu "Radijaciona medicina", Beograd-Vinča

PODACI NEOPHODNI ZA UTVRDJIVANJE RADIJACIONIH OŠTEĆENJA I PRIZNAVANJE OBOLJENJA RADIJACIONE ETIOLOGIJE ZA PROFESIONALNA

Oboljenja nastala usled dejstva jonizujućih zračenja rezultat su radijacionih lezija organizma koji je u odredjenim uslovima bio izložen ozračivanju. Bez obzira da li je u pitanju ozračivanje pri radu sa izvorima jonizujućih zračenja odnosno radioaktivnim materijalima - rad u zoni zračenja (profesionalna ekspozicija) ili pak ozračivanje stanovništva (javna ekspozicija), efekti će, u funkciji doze i drugih relevantnih činilaca biti uglavnom jednaki.

Medjutim, ozračivanje i posledice njegove imaju u uslovima profesionalne ekspozicije, za razliku od onih na javnom planu, i neka posebna obeležja. Kao prvo, radijaciona lezija odnosno iz nje nastalo oboljenje nosi ovde a priori atribute profesionalne etiologije.Naravno da iz toga proističe čitav niz implikacija, u prvom redu onih koje se tiču priznavanja već dijagnosticirane ili suspektne lezije odnosno oboljenja za profesionalno. Da bi se to moglo lege artis i celishodno obaviti, a uz najveću moguću meru kritičnosti i objektivnosti neophodno je utvrditi odgovarajuću metodologiju tj. uspostaviti adekvatan protokol postupaka. Pristup jednoj ovakvoj metodologiji odnosno njenom utvrdjivanju i uspostavljanju protokola mora obuhvatiti sve raspoložive medicinske, tehničke, radijaciono-higijenske, sigurnosne, regulativne i druge relevantne podatke, a uz obradu opštih, posebnih i specifičnih uslova na liniji: rad sa izvorima jonizujućih zračenja - ekspozicija - doza - lezija - oboljenje - dijagnoza - kriterijumi - priznavanje profesionalne etiologije. Čini se da bi ovakav pristup mogao obezbediti neophodne podatke u traženju optimalnih rešenja problema priznavanja oboljenja radijacione etiologije za profesionalna, pa možda i u rešavanju problema ozračivanja i njima izazvanih oboljenja van profesionalne ekspozicije.

Alunić Lj. 429, 747
Andonovski B. 369
Anovski T. 1o8, 369, 543

Bačić S. 597, 6o1
Bakić J. 747
Banović M. 217
Basrak J. 412
Bauman A. 33, 54, 58, 66, 92, 141
Begović J. 225, 581
Benderać R. 695
Besarabić M. 252, 758
Bikit I. 65o
Bojović T. 42, 115
Boreli F. 621, 629, 633, 675, 679, 7o4, 537
Bøtter-Jensen L. 352
Brajnik D. 74
Bronić J. 511
Brnović R. 1oo, 137, 163
Budiselić B. 277
Bujan M. 585
Bunčić S. 123

Cerovac H. 33, 434
Cesar D. 33, 54, 141
Christensen P. 348

Čizmić S. 2o1
Čremošnik-Pajić P. 248, 754
Ćosić M. 2o1

Deanović Ž. 217, 268
Dedić D. 159
Đespotović Lj. 585
Despotović R. 585
Dodić S. 237, 316
Draganić B. 454
Draganović B. 605, 736
Drašković R. 391
Dražić G. 361, 485
Drestó B. 301
Drljević A. 301
Drndarević V. 687
Držaj B. 554
Duftschmid K.E. 365
Dugonjić B. 365
Dujmović M. 277
Dvornik I. 289, 365, 369, 437, 449, 485, 490, 502

Đoković V. 716
Đorđević V. 178, 233
Đorđević Z. 716
Đukić Z. 758, 759
Đurakić D. 577
Đurić G. 123, 159, 458
Džambasević M. 305

Elkind M. 725
Elenski D. 104
Emanović D. 190, 193

Ferle-Vidović A. 221

Filipović-Vinceković N. 589
Franić Z. 66, 92

Gačević M. 581
Gaćina T. 437
Garaj-Vrhovac V. 312
Glišović D. 621, 629, 7o4
Glodić S. 416
Gnjatović S. 332
Goldoni J. 743
Golubović N. 391
Gomerčić H. 19o, 193
Granov A. 2o1
Grgić-Markulun Lj. 421, 454
Gršić Z. 5o, 174
Gruder N. 213

Hađievski Lj. 543
Hadžić D. 416
Hajduković D. 1oo, 529, 533
Han A. 725
Hasanbašić D. 111, 119, 2o5, 26o, 328, 593
Hebrang A. 289, 437, 449
Hernaus E. 81, 127
Hill C.K. 725
Horgas G. 324
Horšić E. 25, 111, 119, 182, 2o5, 26o, 328, 593
Horvat Đ. 312, 757
Horvatinčić N. 127
Hufnus R. 434

Ilić R. 374

Jelušić L. 277
Jeremić M. 233, 237, 243, 316, 32o, 755, 756
Jernej B. 217
Jevremović T. 46
Joksić G. 316, 32o
Jonjić A. 277
Južnič K. 37, 554, 637

Kačurkov D. 369, 543
Kadija K. 221
Kaljević J. 691
Kargačin B. 2o9
Kaučić S. 541
Kelečević Z. 716
Kljajić R. 21, 25, 111, 119, 182, 2o5, 26o, 328, 593
Knežević Lj. 519
Kobal I. 62, 7o, 89, 145, 637
Korbelik M. 229
Korenika Đ. 289, 437, 449
Korun M. 29, 7o, 74, 637
Kos K. 19o
Kostadinović A. 558
Kostial K. 2o9
Košutić G. 6o5
Košutić K. 96
Koturović A. 687
Kovač J. 58
Kovačević M. 663, 671
Krajcar-Bronić I. 81, 127, 151, 617
Kraljević P. 19o, 193
Krmpotić Đ. 6o9
Kubelka D. 312

Lazarević V. 621, 629, 633, 675, 7o4

Lazić S. 597, 601
Lelifanova L. 543
Likar A. 649
Lovasić I. 277
Lovašić Z. 515
Lulić S. 17, 77, 85, 96

Maračić M. 66, 141
Marinkov L. 650
Marković B. 316, 320
Marković P. 1, 165, 445, 495, 613
Marković S. 462,
Marković Z. 182
Marović G. 54
Martak M. 77
Martinčič R. 29, 149, 649
Martinić P. 264
Mašić N. 562
Matejčić M. 277
Meden S. 89
Mihailović M. 89
Mihajlov A. 256, 403
Mihalj A. 25, 111, 119, 593
Mihelić M. 485, 641
Mijatović Lj. 100, 137
Miklavžič U. 29, 74, 149, 485, 641, 649
Milačić S. 233, 243, 237
Miličević S. 721
Milić A. 445, 683, 687
Milivojević K. 197, 573
Miljanić S. 365, 490
Milojević S. 165
Milošević Z. 25, 111, 119, 182, 205, 260, 328, 593
Milovanović A. 201

Minčeva B. 108, 543
Minevski Z. 281, 285, 320, 378, 381, 384, 388, 396, 400, 407, 466, 470, 478, 481
Mirić I. 609, 663, 667, 671, 676
Mitin V. 193
Mitrović M. 412
Mitrović R. 42, 115, 581
Mohar T. 70, 89
Molak B. 155
Momčilović B. 186
Musić S. 549
Mušanović M. 301

Naumovski T. 369
Nikezić D. 165, 445
Nikolovska L. 108, 369
Novak Lj. 178
Novaković M. 33, 434, 733

Obelić B. 151, 617
Obradović M. 683
Ocevski B. 369
Orlić M. 412, 629, 633, 691
Osmak M. 221, 725
Ostojić P. 716
Ožegović T. 260

Panov D. 178, 233, 316, 754
Patić D. 13, 50, 170

Pavlović M. 243
Pavlović R.S. 537, 675, 679
Pejušković B. 577
Perhat V. 429
Petrović B. 42, 123, 159, 736
Petrović D. 441, 565
Petrović D. 221, 229
Petrović R. 403
Pirš M. 37
Pijasek G. 309
Planinić J. 169
Plavčić Ž. 499
Plećaš I. 558
Popović D. 458
Popovski S. 104
Prijatelj I. 529, 533
Prokić M. 336, 416
Pucelj B. 29, 70, 149, 649

Račić J. 312
Radosavljević Ž. 474, 655, 659
Radotić M. 252
Radovanović R. 100, 131, 163, 281, 285, 297, 305, 708
Ranogajec-Komor M. 289, 369, 437, 449, 485
Rendić D. 221
Ristić D. 391, 695
Ristić Đ. 495, 613
Ristić B. 400
Rubinić M. 277
Rupnik Z. 641
Ružička I. 293

Saračević L. 25, 111, 119, 593

Satalić P. 641
Savić M. 248
Schauer P. 229
Selak I. 182
Simonović J. 281, 285, 297, 708
Slijepčević A. 81
Smiljanić N. 721
Smiljanić R. 13, 50, 170
Smodiš B. 62
Soldatović B. 729
Spasić V. 625
Spaventi Š. 324
Srdoč D. 127, 155, 617
Stanković S. 42, 115, 581
Stegnar P. 145
Stojanov D. 277
Stojanović D. 197, 332, 573, 759
Stojanović M. 621, 629, 633, 704
Stojanović M.P. 474, 655, 659
Stranić S. 301
Strugar J. 754
Subotić B. 507, 511, 515
Suhar A. 229
Szabó P.P. 369

Šaćirbegović A. 328
Šimpraga M. 190, 193
Škofljanec M. 62
Škrk J. 229
Šmelcerović M. 474, 655, 659
Šobajić M. 699
Švalba B. 277

Talijančić B. 429

Tasić Ž. 237
Tiosavljević S. 425
Todorović D. 740
Tomašević M. 281, 285, 297, 320, 378, 381, 384, 388
396, 400, 407, 466, 470, 478, 481
Tomić B. 523
Tomljenović I. 365
Trajković M. 645
Trontelj M. 361
Turk V. 229

Ubović Ž. 645

Vasiljević Lj. 667
Vekić B. 369, 485, 502
Veličković D. 609, 663, 667, 695
Vertačnik A. 85
Vesković M. 650
Vidaković Z. 289, 437, 449
Višnjić V. 757
Vitale B. 264
Vojnović B. 523
Vojvodić V. 357
Volf D. 703
Voskrsensky I. 421
Vrtar M. 454
Vučenik I. 264
Vujnić V. 378, 407
Vukčević M. 671
Vukelić M. 277
Vukotić M. 100, 131, 533
Vukotić Z. 205, 260, 328

Vuković S. 495, 613
Vuković Ž. 519, 597, 601

Zagorčić-Janković A. 729, 740
Zarić M. 9, 569
Zimonjić D. 729

Živković R. 225