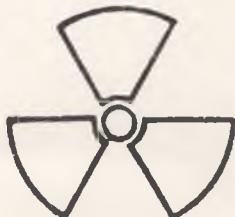


JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLAVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠĆITO PRED SEVANJI
JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITA OD ZRAČENJE

ZBORNIK RADOVA

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA



NOVI SAD, 08.—11. JUNA 1987.

ODRŽAVANJE SIMPOZIJUMA I ŠTAMPANJE ZBORNIKA OMOGUĆILI SU:

- Samoupravna interesna zajednica za naučni rad SAP Vojvodine - Novi Sad;
- Savez sindikata SAP Vojvodine - Novi Sad;
- Vodoprivredna radna organizacija "DTD" OOUR "Osnovna kanalska mreža" - Novi Sad;
- RO "Nafta-gas" - Novi Sad;
- SOUR "Elektrovojvodina" RO "Nuklearna elektrana" u osnivanju - Novi Sad;
- RO "Nafta-gas" OOUR "Specijalni radovi" - Novi Sad;
- Zajednica osiguranja "Novi Sad" - Novi Sad;
- PPPRO "Centroslavija" export-import - Novi Sad;
- Pokrajinski sekretarijat za narodnu odbranu - Novi Sad;
- Pokrajinski komitet za zdravlje i socijalnu zaštitu - Novi Sad;
- Skupština opštine Ada - Izvršno veće - Ada;
- "Jugobanka" - Osnovna banka - Novi Sad;
- SOUR "Servo Mihalj" RO "Mlekoprodukt", "Žitoprodukt" i "BEK" - Zrenjanin;
- Agrokop AIK "Novi Sad" - Novi Sad;
- Agrokop RO "Aroma" - Futog;
- Agrokop AIK "Novi Sad" OOUR "Minakva" - Novi Sad;
- RO "Rafinerija nafte" - Novi Sad;
- RO "Agrohem" - Novi Sad;
- PIK "Tamiš" OOUR "Tamiš-komerc" - Pančevo;
- Vojvodanska banka - Osnovna banka - Novi Sad;
- RO "Navip" - "Fruškogorac" - Petrovaradin;
- RO "Naftagas-promet" OOUR "Spoljna trgovina" - Novi Sad;
- RO "Agrocooperativa" OOUR "Kooperativa" - Novi Sad; i
- Turistička agencija "Putnik" - Poslovnica Novi Sad - Novi Sad.

1. sekcija: RADIOEKOLOGIJA

Radioekologija je znanstvena disciplina koja se bavi izučavanjem uticaja radioaktivnog zračenja na životnu sredinu i organizme. Ova sekcija će se posvećivati problemima radioaktivne ekologije, posebno u vezi sa radioaktivnim polutama i radioaktivnim deponijama.

U radioekologiji se istražuju razne pitanja vezana za uticaj radioaktivnog zračenja na životnu sredinu i organizme. Ovo uključuje analizu radioaktivnih polutava u vodi, zemlji i zraku, te istraživanje uticaja radioaktivnog zračenja na rast i razvoj organizama, te njihovu adaptaciju i rezistenciju prema radioaktivnim uticajima. Radi se o kompleksnoj znanstvenoj disciplini koja je u poslednjih desetljećima postala ključna u oblasti zaštite okoliša i ljudskog zdravlja.

Radioekologija je znanstvena disciplina koja se bavi izučavanjem uticaja radioaktivnog zračenja na životnu sredinu i organizme. Ova sekcija će se posvećivati problemima radioaktivne ekologije, posebno u vezi sa radioaktivnim polutama i radioaktivnim deponijama.

PETOGODIŠNJI RAD (1981.-1985.) NA PROJEKTU " ISTRAŽIVANJE
ZAŠTITE OD JONIZUJUĆEG I NEJONIZUJUĆEG ZRACENJA "

Zarić M.

Institut za nuklearne nauke " Boris Kidrič ", Vinča

OOUR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

Projekat je realizovan u okviru srednjoročnog plana Republičke zajednice nauke Srbije a na osnovu " Programa naučnoistraživačke aktivnosti na zaštiti i unapredjivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji."^{1.1.}) U realizaciji projekta učestvovali su: Institut " Boris Kidrič, Vinča- Institut za fiziku, Laboratorija za radiobiologiju, Institut za zaštitu od zračenja i Laboratorija za medicinsku zaštitu; Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu " Dr.D. Karajović", Beograd; Katedra za radiologiju i fizikalnu terapiju Veterinarskog fakulteta, Beograd; Institut za primenu nuklearne energije "INEP", Zemun; Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd; Institut za botaniku i botanička bašta PMF, Beograd. Obavljena istraživanja obuhvatila su deo problema bitnih za zaštitu stanovništva i okoline od postojećih i potencijalnih opasnosti izlaganja zračenju i kontaminaciji od izvora zračenja na nacionalnoj teritoriji i van nje. Istraživana materija podeljana je u osam grupa problema. Istraživani problemi, prema usvojenoj podeli, odnose se na sledeće:

- Dozimetrija zračenja u životnoj sredini. Istraživanja su bila usmerena na metode i uredjaje za određivanje doza, na problem ozračenosti stanovništva od rentegen dijagnostike i na proučavanje apsorbovane doze zračenja usled radionuklida u ljudskom telu. Razvijene su odgovarajuće metode, određene su karakteristike etalona, ionizacione komore sa šupljinom i poboljšane su karakteristike merne aparature za merenje aktivnosti celog tela. Određene su numeričke vrednosti genetski značajnih doza za pojedine regije Srbije i određivane su apsorbovane doze od pojedinih radionuklida u ljudskom telu.

- Biomedicinski problemi zaštite od jonizujuće i nejonizujuće zračenja. Istraživane su postiradijacione promene na humanoj populaciji i različitim eksperimentalnim sistemima. Ispitivani su somatski efekti kod osoba koje su profesionalno izložene otvorenim izvorima jonizujućeg zračenja, promene endokrinog siste-

ma kao i mogućnost diferencijacije uticaja drugih štetnih fakto-
ra prisutnih u životnoj sredini. U različitim eksperimentalnim
sistemima ispitivano je leukomogeno delovanje zračenja, genets-
ki i embrionalni efekti. Neki od efekata proučavani su u kombi-
naciji sa hemijskim agensima odnosno hipotermijom. Ispitivanje
delovanja zračenja, jonizujućeg i nejonizujućeg, vršeno je na
bakterijskim sojevima sa različitim potencijalom reparacije DNK.

- Radionuklidi u životnoj sredini. Rasmatrano je kompleksno
stanje alfa emitera u prizemnom sloju vazduha, stanje jonske
ravnoteže i skrivene energije alfa zračenja i analizirani su poda-
ci o periodičnim procesima i pojavama u životnoj sredini. Izvr-
šena je procena radijacionog rizika od radionuklida u životnoj
sredini SR Srbije za starosne grupe i pol stanovništva. Koristeći
podatke o radioaktivnoj kontaminaciji u Srbiji, data je procena
ozračivanja prosečnog stanovnika Srbije od 1945-1984. god. i ras-
matrane su koncencije prihvatljivog rizika. Proučavane su radio-
aktivne kontaminacije vazduha i pojava koje mogu da utiču na is-
tu. Izvršena je analiza meteoroloških parametara i proučavani su:
relacije relativne vlažnosti i kontaminacije, uticaj vremenske
situacije, sezonskih promena, brzine razmene masa izmedju strato-
sfere i troposfere i sl. Fokusano je da se preko prirodne radio-
aktivnosti izvrši ocena uslova stabilnosti atmosfere. Poredjenj-
em podataka o kontaminaciji vazduha u okolini Instituta "B.Kidrič"
, sa podacima sa drugih lokacija u zemlji, nadjena je zadovolja-
vajuća saglasnost, tako da se moglo zaklučiti da postojeće insta-
laciјe ne doprinose kontaminacije životne sredine.

- Radijacioni rizik i stepen zaštite od jonizujućeg i nejo-
nizujućeg zračenja u ciklusu animalne proizvodnje. Proučavan je
rizik u industrijskoj proizvodnji živine i rizik od mikrotalas-
nog zračenja iz velikih telekomunikacionih sistema. Kod rasmatra-
nja prvonavedenih problema, izučavane su funkcionalne zavisnosti
komponenata koje doprinose ukupnoj radioaktivnosti industrijskih
hraniva kao i aktivnosti vode i zavisnosti aktivnosti mesa i ja-
ja iz intenzivnog uzgoja. Odredjeni su koeficijenti distribuci-
je i akumulacije za istraživane elemente, nuklide. Na osnovu eks-
perimentalnih rezultata izračunati su parametri radijacione si-
gurnosti. Izučavanje radijacionog rizika od mikrotalasnog zrače-
nja nije prešlo preliminarnu fazu. Predmet istraživanja su polj-
ski glodari iz neposredne okoline radarske stanice u Prilikama
i sa rastojanja do 10 km.

- Tehničko-tehnološka i biotehnička zaštita od zračenja.

Istraživanja su obuhvatila tri problematike. Proučavane su zaštitne osobine preko eksperimentalnog odredjivanja koeficijenata slabljenja širokog snopa X-zračenja, kod silikatnog stakla. Izračunati su linearni i maseni koeficijenti slabljenja. Ukazano je na prednost eksperimentalnog odredjivanja u odnosu na računsko kao i na primenu kod odredjivanja debljine ekrana. Proučavani su faktori koji uslovljavaju kriterijume za izbor mera zaštite kod tehnoloških operacija. Analizirana su postojeća iskustva, zakonske obaveze i zaštita okoline od zagadjivanja. Proučavane su biotehničke mere zaštite: u toku radijacione bakterijemije domaćih svinja; kod tehnologije kišeljenja i prerade mleka; u procesu termičke obrade mesa-odmrzavanje, kuvanje pod pritiskom.

- Radioaktivne otpadne materije u životnoj sredini. Proučavanja su obuhvatila pretežno radioaktivne otpadke koji nastaju u toku medicinske aplikacije i posle nje. Pitanje razblaživanja radioaktivnih otpadnih materija posle medicinske primene rasmatrano je u odnosu na postojeći i budući kanalizacioni sistem Beograda. Na osnovu podataka o količinama koje se aplikuju u medicinskim ustanovama, o tolerantnim količinama otpadaka u kanalizacionim vodama u inostranstvu i o količinama otpadnih voda u kanalizacionom sistemu Beograda, može se zaključiti, da sadašnji i budući kanalizacioni sistem grada, u principu može da posluži kao zajednički sistem za razblaživanje tečnih radioaktivnih otpadaka koji nastaju posle medicinske aplikacije i izlučivanja. Proučavana su i pitanja pacijenata kao nosača i distributera radioaktivnog otpada i posebno problemi koji nastaju kod smrti treptiranih pacijenata.

- Narodna odbrana, vanredne situacije, akcidenti i zaštita od ionizujućeg i nejonizujućeg zračenja. Proučavano je postojeće i perspektivno stanje u vezi radioaktivne kontaminacije životne sredine i pojava akcidentalnih situacija a na osnovu karakteristika izvora moguće kontaminacije, na nacionalnoj teritoriji i van nje. Iz raspoloživih podataka, zaključeno je da na teritoriji Srbije postoje oblasti koje su više od ostalih ugrožene u smislu potencijalne radioaktivne kontaminacije životne sredine. Izvršena je analiza podataka o isporukama radioizotopa, njihovog transnorta i distribucije na teritoriji zemlje i nekih gradova u Srbiji. Kao indikator enterešenja uzet je broj isporuka i ukupna aktivnost svih izvora zračenja na određenoj teritoriji ili na određenom

srpski konzervator. Molazeći od postojećeg stanja i potrebe aktiviranja zaštite od zračenja u SR Srbiji, oformljen je predlog za studije i potrebne realizacije. Dat je pregled značajnosti izvora ionizujućih zračenja i na osnovu toga izvršena klasifikacija problema zaštite od zračenja. Pitanja narodne odbrane rasmatrana su preko identifikacije obveznika, obaveza i subjekata prema kojima postoje obaveze a sve u vezi člana 48. stav 2. Zakona o opšte narodnoj odbrani. Razradjivani su postupci koji snadeju u oblast radijacione ekspertize predmeta veterinarskog nadzora u venrednim uslovima kao i pitanja dekontaminacije hrane.

Organizaciono, radom na projektu upravljao je Savet projekta, koji je akcentirao godišnje planove, raspodelu sredstava i prihvatio izveštaje o radu. Na projektu je prosečno učestvovalo oko 40 istraživača godišnje sa promenljivim brojem istraživačkih meseci.

U toku petogodišnjeg rada podneto je 105 izveštaja o radu^{2.)} i publikovano je 83 rada.^{3.)}

Finansijska sredstva bila su nedovoljna; od prvobitno planiranih i potrebnih sredstava, godišnje je realizovano od 28-40%, ne računajući inflaciju. Veliku teškoću predstavlja je i neređovan priliv novca.

Posebno, treba istaći entuzijazam svih učesnika. Projekat je za dati period ocenjen pozitivno.

Literatura

1. Program naučnoistraživačke aktivnosti zaštite i unapredjivanju prirode i čovekove sredine u SR Srbiji. Skupština SR Srbije, 1977.
2. Projekat "Istraživanje zaštite od ionizujućeg i neionizujućeg zračenja", Godišnji izveštaji 1981-1985., RZNS, Beograd
- 3.) Projekat "Istraživanje zaštite od ionizujućeg i neionizujućeg zračenja", Završni izveštaj, 1986., RZNS, Beograd

Abstract

FIVE-YEAR ACTIVITY (1981.-1985.) ON THE PROJECT "IONIZING AND NONIONIZING RADIATION PROTECTION INVESTIGATIONS "

The brief review of the work conducted during five year's period on the project is given. Some organization and financial questions are touched. In spite of the permanent difficulties, it may be concluded that past period was successful.

DONJE GRANICE MJERENJA NEKIH RADIONUKLIDA U ODNOŠU NA ZAKONSKE
PROPISE

D. Cesar, J. Kovač, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Sažetak

Ovim radom pokazane su mogućnosti zadovoljavanja zakonom propisanih zahtjeva za donje granice detekcije 35 umjetnih i 9 prirodnih radionuklida koje se može odrediti gamaspektrometrijski, a koji se mogu u većim ili manjim količinama naći u životnoj sredini u odnosu na mogućnosti upotrebljene mjerne opreme srednje kvalitete.

Ključne riječi: donje granice detekcije, gamaspektrometrija, zakonski propisi.

Kod mjerjenja koncentracije pojedinih radionuklida u uzorcima životne sredine potrebna je odredjena preciznost mjerjenja, koja je uvjetovana mnogim faktorima. Nabrojiti ćemo samo neke: količina uzorka, mogućnost mjerne opreme, duljina vremena mjerenja i drugi. S druge strane ti faktori utječu na mogućnost broja izmjerenih uzoraka, a time i na jediničnu cijenu mjerjenja uzorka. Sve to rezultira ukupnom svotom potrebnom za provodjenje kontrole radioaktivnosti u životnoj sredini i uvjetuje personalnu i materijalnu opremljenost radnih organizacija koje te poslove obavljaju.

Cilj ovog rada je da se utvrde donje granice mjerjenja onih radionuklida čija se koncentracija određuje gamaspektrometrijom, a u odnosu na postojeće ili pripremane zakonske propise u nas.

Donje granice mjerjenja (DGM) izračunate su za 35 umjetnih i 9 prirodnih radionuklida koje se može odrediti gamaspektrometrijski, a mogu se u većim ili manjim količinama naći u životnoj sredini.

Od faktora iz životne sredine obradjeni su zrak i voda za piće. Za zrak je na temelju propisanog načina i uvjeta uzorkovanja⁽¹⁾ i propisanih izvedenih koncentracija (IK)⁽²⁾ račun za DGM proveden na temelju 1% IK i 0,5% IK. Za vodu DGM je izračunat

na temelju propisanih IK⁽²⁾ i to za 1% IK, što je proizvoljni izbor autora.

DONJE GRANICE MJERENJA (DGM) u Bq m⁻³

Nuklid	Za zrak 0,5% IK	Za vodu 1% IK	Nuklid	Za zrak 0,5% IK	Za vodu 1% IK
<u>Umjetni radionuklidi</u>					
Na-24	5 E-2	2 E+3	Sb-125	2,5 E-1	1 E+4
Cr-51	1 E-1	2 E+5	I-129	3,5 E-3	4 E+1
Mn-54	3,5 E-1	1 E+4	I-131	1,5 E-2	2 E+2
Mn-56	5 E-2	4 E+4	I-132	3,5 E-2	2 E+4
Fe-59	1,5 E-1	6 E+3	I-133	1 E-2	1 E+3
Co-57	3,5 E-1	4 E+4	I-134	2,5 E-1	2 E+5
Co-58	3,5 E-1	1 E+4	I-135	1 E-2	6 E+3
Co-60	1,5 E-2	1 E+3	Te-132	1 E-1	2 E+3
Zn-56	1,5 E-1	2 E+3	Cs-134	5 E-2	6 E+2
Rb-88	3,5 E-1	1 E+5	Cs-136	3,5 E-1	4 E+3
Zr-95	5 E-2	1 E+4	Cs-137	5 E-2	8 E+2
Nb-95	5 E-1	2 E+4	Ba-140	5 E-1	4 E+3
Mo-99	5 E-1	8 E+3	La-140	5 E-1	4 E+3
Tc-99m	1	6 E+5	Ce-141	3 E-1	1 E+4
Ru-103	3,5 E-1	1 E+4	Ce-144	5 E-3	2 E+3
Ru-106	5 E-3	1 E+3	Eu-152	1,5 E-2	6 E+3
Ag-110m	3,5 E-2	4 E+3	Np-239	1,5	1 E+4
Sb-124	1,5 E-1	4 E+3			
<u>Prirodni radionuklidi</u>					
Be-7	1 E+1	4 E+5	Ra-226	3,5 E-4	1 E+1
K-40	2 E+1	2 E+3	Ac-228	4,5 E+1	2 E+3
Bi-212	1,5 E-3	4 E+3	U-235	2 E-5	1 E+2
Bi-214	3,5 E-3	1 E+5	U-238	2,5 E-5	1 E+2
Pb-214	3,5 E-3	5 E+4			

Proveden je i proračun DGM za zaštićen poluvodički detektor s 4000 kanalnim analizatorom srednje mogućnosti. Račun je proveden po formuli⁽³⁾

$$DGM = 4,66 \cdot \sqrt{N_0}$$

N_0 = osnovno zračenje

Taj proračun pokazao je da je moguće uz razumne troškove opremom srednje mogućnosti zadovoljiti zakonske zahtjeve DGM za zrak i vodu za piće kod razmatranih 35 umjetnih radionuklida. Kod prirodnih radionuklida to je moguće za vodu kod 7, a za zrak kod 4 radionuklida. Za preostale radionuklide (u tablici su brojevi podvućeni) potrebna je kvalitetnija oprema ili treba primijeniti radiokemijske metode.

Abstract

LOW LEVEL OF DETECTION OF SOME RADIONUCLIDES COMPARED WITH FEDERAL REGULATIONS

The low level of detection for 35 artificial and 9 natural radionuclides was compared with Federal Regulation. The chosen radionuclides have been determined by gammascintrometry.

Key words: Low Level of Detection, Gammascintrometry, Regulations.

Literatura:

- (1) Pravilnik o mjestima, metodama i rokovima ispitivanja kontaminacije radioaktivnim tvarima, S.l. SFRJ 40/1986.
- (2) Prijedlog Pravilnika o maksimalno određenim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove sredine i o vršenju dekontaminacije, Beograd 1986.
- (3) EML Procedures Manual, HASL-300 (1983).

REDNI NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO

KUŽNIK B.
NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO

Radionuklidi v iztekah jedrskega elektrarn, ki se pri sprostitvi razpršijo in razredčijo v okolju, lahko doprinesejo k povečanim dozam sevanja okoliškega prebivalstva. Zato moramo opravljati radioekološke raziskave in meritve na podlagi vrednotenja radioizotopskega sestava tekočih in plinastih iztek JE in parametrov okolja, ki lahko vplivajo na disperzijo in razredčitev. Namenski program radioekoloških meritev in nadzora okolja je pridobitev osnovnih podatkov, in sicer:

1. izračun doz sevanja, ki jih prejme prebivalstvo,
2. vrednotenje povečanja radioaktivnosti okolja,
3. informiranje nadzornih organov in širše javnosti.

Program meritev obsega dve fazi in sicer, predobratovalno in obratovalno fazo. Predobratovalni program nam daje podatke, ki so potrebni za oceno povečanj radioaktivnosti v okolju po pričetku obratovanja JE.

Rezultati obratovalnih meritev so važni za oceno vpliva obratovanja JE na okolje.

JE Krško spušča v zrak pline, aerosole in jod, v Savo pa tekoče izpuste, ki vsebujejo med drugim tudi cepitvene produkte in radioaktivne korozjske snovi. Sproščanje radioaktivnih snovi v okolico povisuje dozo sevanja, ki jo prebivalstvo sprejema od naravnih virov. Po mednarodnih in ameriških predpisih ta dodatna doza ob meji elektrarne ne sme presegati $0,05 \text{ mSv/leto}$. To je tako malo, da je radioaktivne snovi že težko dokazati z jemanjem vzrocev okolice. Ugodnejše je, da ugotavljamo izpuščene količine in nato dozo preračunavamo z upoštevanjem faktorja razredčitve. Program meritev potrjujejo upravni organi, oziroma Strokovna komisija za jedrsko varnost, izvajajo ga pa v SR Sloveniji pooblaščeni organizaciji Inštitut "Jožef Stefan" in Zavod SRS za varstvo pri delu, v SR Hrvatski pa Institut "Ruđer Bošković" in Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. Kontinuirani nadzor emisije opravlja po uvedenih rutinskih postopkih radiološka služba JE Krško, katerih rezultati so vidni iz tabele 1.

Tabela št. 1

LETO	1982	1983	1984	1985	1986
Tricij H-3	4,4 TBq	8,3 TBq	13 TBq	11 TBq	13,1 TBq
Ziahtni plini Xe, Kr	2,1 Tbq	0,36 TBq	0,41 TBq	2,1 TBq	1,5 TBq
Tekoči izpusti radionuklidov v Savo	31,8 GBq	9,3 GBq	8,3 GBq	13,00 GBq	4,6 GBq
RAO (solidificiran)	310,0 GBq	640,0 GBq	1,3 TBq	8,3 TBq	3,9 TBq

Nadzorovano področje okolja obsega v prvi vrsti 12-kilometrski pas okoli objekta, kjer se pričakujejo najvišje vrednosti emisij in je mogoče potencialno najprej zaznati spremembe. Pri reki Savi in delno podtalnicah pa je bil v letu 1984 nadzor razširjen tudi na področje SRH od Jesenice na Dolenjskem do Podsuseda - sotočna razdalja od objekta cca 30 km. Ravno tako je bila v redni nadzor v letu 1984 vključena tudi vrsta drugih meritev na področju SRH, ki imajo zaradi oddaljenosti od objekta (zračna razdalja do 81 km) predvsem referenčni pomen in se iz njihovih rezultatov ne more sklepati na obravvanje JE Krško.

PROGRAM MERITEV sesotji iz: nadzora vode, nadzora zraka, direktnega sevanja, zemlje in nadzora kemtijskih pridelkov.

Meritve voda obsegajo nadzor vode reke Save, področij črpališč vode, potokov, ribnikov, vrtin, padavin in podtalnice. Ugotovitve, ki zahtevajo splošen nivo radioaktivne obremenitve okolja v letu 1985. zaradi globalne kontaminacije (na katero se superponirajo lokalni viri), so podobne ugotovitvam iz preteklih let, ko je bilo ugotovljeno postopno upadanje prispevka zadnjih atmosferskih jedrskih eksplozij, s tem pa poudarjeno izstopanje lokalnih virov. Podobno kot v letu 84, je bilo tudi v 85. letu mogoče opaziti v brežiški Savi visok prispevek naravnih radionuklidov iz industrijskih odpadov (kopičenje naravnih radionuklidov v tehnoloških postopkih ob predelavi velikih količin snovi z običajno vsebnostjo naravnih radionuklidov). Tako je bilo z referenčnimi meritvami potrjeno, da se je obremenitev povečala (točka mešanja) pri filtrirni vodi za 17%, pri vodni suspendirani snovi pa za 113%. Zaradi visokih koncentracij J - 131 in Sr-90 na referentnem mestu pred NEK-om in čistilnega učinka toka reke do točke mešanja v Brežicah, je bil skupni prispevek vseh umetnih radionuklidov k obremenitvi praktično isti na obeh točkah, dasi je bila sestava druga. Ocena efektivne doze, povzročene s samimi iztekami NEK-a pri referentnem

človeku, ki bi pil savsko vodo v Brežicah, je bila 0,5 µSv/leto, zaradi povečanega deleža naravnih radionuklidov iz industrijskih odplak iz Krškega pa 1 µSv/leto.

Vodovod v Brežicah je v vseh letih obratovanja (82., 83., 84. in 85.) kazal dvakrat večjo povprečno koncentracijo tricija kot vsebine v Brežiško-krškem polju in krški vodovod. Prispevek celotnega tricija v brežiškem vodovodu predstavlja v letu 85 2% celotne obremenitve zaradi uživanja te vode, oziroma 0,1 µSv/leto za odraslega prebivalca.

Zunanja doza, merjena s termoluminiscentnimi dozimetri v okviru dosežene natančnosti ni kazala vplivov izven 95% zanesljivosti mej. Podobno velja za hranila (ki ne vključujejo savskih rib), kjer ni bilo mogoče zaslediti sprememb v obremenitvah, ki bi izstopale iz naravnih fluktuacij; niti ne specifičnih emisijskih radionuklidov.

V zgoraj opisanem programu meritev pa spada tudi vzdrževanje aktivnosti mobilne enote ekološkega instituta "Jožef Stefan" za primer jedrske nesreče.

PROBLEMATIKA SKLADIŠČENJA RADIOAKTIVNIH ODPADKOV

Eden od bistvenih problemov v NE Krško pa je realizacija pogoja iz odločbe št. 31-04/83-5 z dne 6.2.1984, in sicer "zagotoviti izgradnjo skladišča radioaktivnih odpadkov srednje in nizke radioaktivnosti".

Tehnološki odpadki v NE Krško so nizko in srednje aktivni z nizko vsebnostjo alfa sevalnih radionuklidov (po Ur. listu SFRJ 40/86), kar pomeni, da alfa sevalnih radionuklidov praktično ni.

Odpadki se v NE Krško obdelujejo - solidificirajo in enkapsulirajo na takšen način, da so primerni za začasno skladiščenje v sami elektrarni in za končno odlaganje na izbrani lokaciji in z ustrezno tehnologijo. V šestih letih obratovanja je nastalo 1046 m³ teh odpadkov, kar je malo, če upoštevamo, da je večji del volumerna neradioaktivni beton, ki služi za solidifikacijo, in kovinski kontejnerji.

Navedeni odpadki vsebujejo v glavnem naslednje radioizotope:

Radioizotop	Cs-134	Cs-137	Co-58	Co-60	Mn-54	H-3
Razpolovna doba	2,1 leto	29 let	71 dni	5,2 let	280 dni	12,2 let

Kakor je razvidno, v teh odpadkih ni plutonija 239, stroncij 90 pa najdemo le v sledovih.

Do konca leta 1986 je bilo v NE Krško proizvedenih 5124 sodov radioaktivnih odpadkov, in sicer so najbolj zastopani koncentrati uparjalnikov - EB (3369

sodov), kompresibilni odpad CW (998 sodov), izrabljene ionske mase - SR (499 sodov). Skupna aktivnost uskladiščenega materiala znaša 490,1 Ci (18 TBq) - povprečna aktivnost soda 0,0956 Ci (3,5 GBq), računano na podlagi aktivnosti na dan polnjenja.

Mislimo, da v naslednjih 3 ali 4 letih glede aktivnosti in količine pri proizvodnji RAO ne bo večjih sprememb in bo s tem postopkom zagotovljeno varno in racionalno začasno hranjenje nizkega in srednje aktivnega odpada v NE Krško. V tem obdobju pa bo dokončano končno odlagališče RAO, kar je v interesu širše družbene skupnosti.

Sevanje predstavlja del naravnega okolja in velik del skupne doze sevanja, ki jo prejemamo. Uporaba sevanja in radioaktivnih snovi je ob nadzoru mnogo večja od tveganj. S stališča zaščite človeka in njegovega okolja so vse vrednosti iz letnih poročil zadovoljive in kažejo, da bistvenih vplivov obratovanja NE Krško na okolje ni.

Uporabljena literatura:

1. Redni nadzor radioaktivnosti v okolici NE Krško.
Povzetek iz poročil izvajalcev za leto 1984. in 1985
2. Letna poročila o izpustih NE Krško
3. Poročilo o obratovanju NE Krško 1986.

S U M M A R Y

Monitoring the release of radioactivity and storage of radioactive waste represent the most important impact of the nuclear power plant to the environment. Based on continuous off-site radiological monitoring of NPP Krško, additional measurements of radiation carried out by authorized institutes and regular monitoring of radiation emission, we can conclude that the obtained values are less than 1% of annual dose averagely received by an individual due to natural and artificial radiation sources.

PORAZDELITEV Sr-90 in Sr-89 V OKOLJU

K.Južnič in Š.Fedina

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

Povzetek

Izmerjene so koncentracije ^{90}Sr in ^{89}Sr v različnih vzorcih okolja s področja Slovenije. Koncentracije v rastlinah so znatno porastle po nesreči v Černobilu predvsem kot posledica direktne absorpcije izotopov iz padavin skozi liste. Najvišja aktivnost radiostroncija v mleku je znašala 29 Bq/l v vzorcu od 12.maja. Aktivnost podtalnic se po nesreči ni povečala. Aktivnost zemlje je opazno narastla se pa relativno hitro znižuje zaradi razpada Sr-89.

UVOD

Kot rezultat cepitve U-235 nastajata tudi izotopa stroncija Sr-89 in Sr-90. Oba sta izključno beta sevalca prav tako pa tudi potomec Y-90. Razpadne karakteristike teh izotopov so naslednje:

Sr-90 : $E_\gamma = 0,54 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 29 \text{ let}$

Y-90 : $E_\gamma = 2,2 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 64 \text{ ur}$

Sr-89 : $E_\gamma = 1,48 \text{ MeV}$, $T_{1/2} = 52 \text{ dni}$

Večji del Sr-90 v naravi izvira od jedrskih poiskusov. Količine so se po nesreči v Černobilu povečale, poleg tega pa je prišlo tudi do kontaminacije z Sr-89, ki ga preje praktično ni bilo. Razmerje aktivnosti Sr-89 proti Sr-90 v padavinah po nesreči je bilo 12:1 (¹). Kemijsko se stroncij ponaša podobno kot kalcij in slednjega spremlja na njegovi metabolični poti. V živalskem in človeškem organizmu se stroncij veže v kosteh. Največji letni dovoljeni vnos ^{89}Sr in

^{90}Sr znaša 96 oziroma $3,2 \mu\text{Ci}$ (²).

DOLOČITEV IZOTOPOV STRONCIJA V RAZNIH VZORCIH

Glavne faze določitve so naslednje (³):

- 1) Začetna priprava vzorca in koncentriranje, 2) Izolacija Ca in Sr soli, 3) Separacija Ca in Sr s kadečo HNO_3 , 4) Čiščenje, izolacija Sr in obarjanje SrCO_3 , 5) Meritev skupne aktivnosti Sr-90 in Sr-89, 6) Izolacija Y-90 in izračun aktivnosti Sr-89 in Sr-90.

Postopek določitve za različne vrste vzorcev se razlikuje predvsem v fazi 1). Ta je naslednja:-

a) Deževnica:- Za določitev uparimo 10 l vode na 1 liter, dodamo Sr-nosilec in 1 do 2 g CaCl_2 . Nato oborimo oksalate. Površinska in podzemna voda:- Zaradi nizkih koncentracij vzamemo za analizo najmanj 20 l vzorca, ki ga izparimo do suhega. Ostanku dodamo Sr-nosilec in izlužujemo s HCl . Iz raztopine oborimo Ca in Sr oksalat.

b) Mleko (⁴):- 1 liter vzorca z Sr-nosilcem nakisamo z HNO_3 da se obore proteini. Po separaciji oborimo oksalate.

c) Organski materiali:- rastlinske in živalske materiale najprej sušimo pri 110°C nato sežgemo pri 550°C . Pepel izlužujemo s solno kislino in nato oborimo oksalate.

d) Zemlja (⁵):- 200 g zemlje izlužujemo s HCl v prisotnosti Sr-nosilca. Trivalentne ione kompleksiramo s citratom in Ca ter Sr absorbiramo na ionsko izmenjalni koloni. Po eluiranju obarjamo Sr in Ca oksalat.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Po nesreči v Černobilu so znašale s padavinami prinešene

količine ^{89}Sr in ^{90}Sr v mesecu maju 5330 in 420 Bq/kg. Po razdelitev teh izotopov v okolju je prikazana v Tabeli 1.

Tabela 1. Porazdelitev radiostroncija v okolju

Vzorec	Lokacija	Datum odvzemja	Aktivnost (Bq/kg(1))	Sr-89, Sr-90	Sr-90
Zemlja (0-5 cm)	Trnje (Krško)	Okt., 85	1,9		
"	Gmajnice	"	10,1		
" (0-2 cm)	Trnje	Okt., 86	6,1		
" (2-5 cm)	"	"	2,5		
" (0-2 cm)	Gmajnice	"	20,3		
" (2-5 cm)	"	"	10,4		
Trava	Lože	4.6., 86	386	39	
Trava	Sanabor	"	178	15	
Mleko	"	"	15,2	1,2	
"	"	Sept. 86	1,4	0,5	
"	"	4.12., 86	0,9	0,5	
Sava	Brežice	Junij, 85	0,006		
"	"	Junij, 86	0,045		
"	"	Julij, 86	0,017		
"	"	Avgust, 86	0,012		
Pšenica	Drnovo	Okt., 84	0,86		
Pšenica	Pesje	Okt., 86	11,11	1,66	
Fizol	Breg	Avgust, 85	0,5		
"	"	Avgust, 86	0,6	0,23	
Zelje	Vrbina	Avgust, 85	0,26		
"	"	Avgust, 86	0,78	0,64	
Korenje	Breg	Avgust, 85	0,71		
"	"	Avgust, 86	0,82	0,70	

Po nesreči v Černobilu se je aktivnost zemlje z ozirom na radiostroncij znatno povečala, seveda v glavnem na račun Sr-89. Najvišja aktivnost, med vzorci, ki smo jih merili, je bila opažena pri travi. Do kontaminacije je lahko prišlo le z direktno absorpcijo skozi zelene liste rastlin. Kasneje se je aktivnost hitro zniževala zaradi izmenjave izotopov z zemljo ter bolj čistih padavin. Tudi koncentracija radiostroncija v mleku je ustrezeno hitro padala. Povečanje aktivnosti po nesreči je opazno tudi pri pšenici, ki zori v juniju, dosti manj izrazito pa pri plodovih, ki dozore kasneje.

Literatura

- 1) K.Južnič, Š.Fedina, v tisku v J.Environm.Radioactivity.
- 2) R.C.Weast, Hdb.of Chem.and Phys.(1974)Chem.Rubber P.Co.
- 3) H.L.Volchok, EML Proc.Manual(1983)US Dept.of Energy, N.Y.
- 4) K.Južnič, M.Senegačnik, Z.Milavec, Z.Anal.Chem.207(1965)13.
- 5) K.Južnič, Š.Fedina, Fresenius Z.Anal.Chem.323(1986)261.

Abstract

The ^{89}Sr and ^{90}Sr concentrations in different environmental samples from the territory of Slovenia were measured. The concentrations in plants increased considerably after the Chernobyl accident, mainly due to direct absorption of isotopes through the leaves. In milk the highest radiostrontium concentration of 29 Bq/l was observed in May. The activity of underground waters was not changed noticeably. As for soil the increased activity was ascribed mostly to Sr-89.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8-11. 06.1987. godine

SARAČEVIĆ L.

ZAVOD ZA RADILOGIJU VETERINARSKOG FA-
KULTETA SARAJEVO, VOJVODE PUTNIKA 134

STRONCIJUM - 90 U TLU NEKIH OBLASTI BiH

R E Z I M E

Tlo, kao prva karika ekološkog lanca tlo-hrana-čovjek, ima značajnu ulogu u preraspodjeli i transferu Sr-90.

Ovim radom je dat nivo aktivnosti Sr-90 u tlu pojedinih oblasti BiH i njegova ovisnost o nadmorskoj visini, te dubini sloja tla. Rezultati pokazuju da Jugo-jugozapadna oblast BiH ima najveći sadržaj Sr-90 u tlu, da sa nadmorskom visinom raste i sadržaj Sr-90 u tlu i da prvi sloj pokazuje najveći nivo aktivnosti.

U V O D

Da bi se mogla jasnije sagledati stvarna opasnost od černobiljske katastrofe koja je zadesila svijet krajem aprila 1986. godine, ovim radom se pokušalo dati prikaz znanja o radioaktivnoj kontaminaciji tla dugoživećim fisionim radionuklidom stroncijumom-90 (Sr-90) na teritoriji Bosne i Hercegovine u prečernobilskom periodu.

Tlo, kao prva karika ekološkog lanca tlo-hrana-čovjek ima značajnu ulogu u preraspodjeli i transferu Sr-90, pa je poznavanje radiokontaminacije tla osnova na kojoj se grade svi kasniji kriterijumi i norme radijacione sigurnosti.

Sudbina radionuklida dospjelih u tlo ovisi o brojnim faktorima kao što su: fizičke i hemijske osobine tla, njegova geologija, topografija, hidrogeologija s jedne i fizičko-hemijsko stanje radionuklida s druge strane.

Utvrđeno je da postoje razlike u geohemiskom ponašanju stabilnog i radioaktivnog Sr. Te razlike su naročito izražene u vrijeme intenzivnih radioaktivnih padavina, kada je radioaktivni Sr pokretljiviji i pristupačniji biljkama od stabilnog. Vremenom se njegova pokretljivost smanjuje jer se čvršće veže u tlu, pa se po ponašanju približava stabilnom stronciju. Najznačajniji oblik Sr-90 je metabolički (topivi) oblik koji se uključuje u

biološki ciklus kruženja radionuklida. Tu su atomi Sr adsorbovani na česticama tla (organomineralni kompleks). Adsorbirani atomi Sr lako se desorbuju neutralnim solima. Utvrđeno je da je količina metaboličkog Sr-90 znatno veća od njegovih drugih oblika, a kreće se od 61-92% (2,3). Nadalje, Sr-90 se može nalaziti i u obliku netopivih jedinjenja koja se ne ispiraju vodom ili rastvorima neutralnih soli.

Ispitivanjem vertikalne migracije Sr-90 u tlu utvrđeno je da se 60-80% ovog elementa nalazi u prvih 5 cm tla (2,3). Također je utvrđeno da vrsta zemljišta znatno utiče na raspodijelu Sr-90. Tako npr. u pjeskovitom zemljištu procesi ispiranja idu znatno brže što dovodi do brže preraspodjele po profilu.

Raspored i migracija Sr-90 na svakom konkretnom rejону teče pod ukupnim uticajem svih prirodnih faktora. Zato je pri ocjeni radiološke situacije određjene teritorije potrebno primjeniti geochemijske i uporedne geografske metode za analizu tla, biljaka, vode i slojeva koji obrazuju tlo.

Materijal i metode rada

Uzorci tla uzimani su u periodu 1983-1985. godine sa 44 lokalita u BiH. Sa svih lokaliteta uzorci su uzeti u proljetnom i jesenjem periodu. Uzorci tla su uzimani sa tri dubine i to 0-5 cm, 5-10 cm i 10-15 cm. Ukupno je uzeto 264 uzorka tla.

Za određivanje Sr-90 u tlu korištena je acetatna metoda ekstrakcije koja daje podatke o biološki značajnoj topivoj frakciji Sr-90 u tlu. Ukupan Sr-90 u tlu određen je računski iz podataka za ukupan Cs-137 u tlu.

Rezultati

Nivoi aktivnosti Sr-90 u uzorcima tla prikazani su po ekološko-vegetacijskim oblastima Bosne i Hercegovine u tab. 1. Ekološko-vegetacijska podjela zasniva se na sintezi fitogeografskih, klimatskih pedoloških i vegetacijskih komponenata sa osnovnim ciljem da se teritorija BiH raščlanii na što homogenije jedinice. Vrijednosti date u tabeli predstavljaju srednju vrijednost izmjerena nivoa aktivnosti unutar tri sloja tla, te proljetnih i jesenjih uzoraka. Pored apsolutnih vrijednosti izmjerena nivoa aktivnosti dati su i statistički parametri:srednja vrijednost i standardna devijacija.

SREDNJE VRIJEDNOSTI NIVOA AKTIVNOSTI Sr-90
U TLU EKOLOŠKO-VEGETACIJSKIH OBLASTI BIH

Tabela:1

OBLAST	Broj lo- kaliteta	Topivi Sr-90 Bq.kg ⁻¹					Ukupan Sr-90 Bq.kg ⁻¹				
		min.	max	X	SD	min	max	X	SD		
Sjeverna	12	0,87	3,54	2,31	0,83	2,73	8,62	5,46	2,10		
Istočna	7	0,59	7,20	3,10	2,19	3,02	8,31	4,84	1,72		
Središnja	16	1,97	16,34	5,12	4,12	3,03	22,22	7,85	5,02		
Jugo-jugozapadna	9	2,12	17,39	7,55	5,30	2,49	27,34	10,42	7,82		

Nivoi aktivnosti Sr-90 ispitivanih lokaliteta razvrstani prema nadmorskoj visini lokaliteta, dati kao srednje vrijednosti prikazani su u sljedećoj tabeli.

SREDNJE VRIJEDNOSTI NIVOA AKTIVNOSTI Sr-90
U TLIMA NA RAZLIČITIM NADMORSKIM VISINAMA

Tabela: 2

OBLAST	Broj lo- kaliteta	Topivi Sr-90/Bq.kg ⁻¹					Ukupan Sr-90(Bq.kg ⁻¹)				
		min	max	X	SD	min	max	X	SD		
Nizijska	15	0,26	7,45	2,46	1,48	1,37	11,76	5,05	2,45		
Brežuljkasta	13	1,04	8,84	3,10	1,33	1,31	12,90	5,11	2,31		
Planinska	16	1,01	35,16	8,73	4,00	2,88	40,61	11,08	6,49		

U tabeli 3 date su minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti svih pojedinačnih rezultata po slojevima tla na lokalitetima i H

DISTRIBUCIJA Sr-90 PO SLOJEVIMA TLA

Tabela 3

DUBINA SLOJA (cm)	Broj uzoraka	Bq Sr-90.kg ⁻¹ tla				
		min	max	X	SD	
0-5	88	0,49	39,73	5,94	4,11	
5-10	88	0,29	23,97	5,59	3,87	
10-15	88	0,36	19,50	4,65	2,91	

Diskusija

Pošna i Hercegovina sa svojim geografskim položajem, reljefom, geološkom strukturon, klimatskim faktorima i hidrografijom, predstavlja veoma složen ekološki sistem.

Sjeverna ekološko-vegetacijska oblast daje najnižu srednju vrijednost nivoa aktivnosti Sr-90 u tlu i najnižu standardnu devijaciju pojedinačnih vrijednosti. Tla u ovoj oblasti su uglavnom duboka, pod uticajem podzemnih i površinskih voda, što omogućava veliku, kako vertikalnu tako i horizontalnu migraciju Sr-90. Istočna i središnja oblast su heterogene po mnogim svojim karakteristikama. Veliki visinski dijapazon, šarenilo klimatskih uticaja, te heterogenost kako u geološkom tako i u pedološkom pogledu, uslovjavaju i veliko šarenilo u nivoima aktivnosti pojedinih lokaliteta. Jugo-jugozapadna oblast daje najviše srednje vrijednosti ukupnog i topivog Sr-90 u tlu. Visoki sadržaji Sr-90 u tlu rezultat su zajedničkog djelovanja svih prirodnih faktora.

Analiziranjem odnosa nivoa aktivnosti Sr-90 u tlu i nadmorske visine ispitivanih lokaliteta uočava se korelaciona zavisnost. Vidljivo je da sa nadmorskom visinom raste i sadržaj Sr-90 u tlu, ali da nadmorska visina nije dominantan faktor koji bi odredio nivo aktivnosti Sr-90 na datom terenu. Djelimično objašnjenje za zavisnost sadržaja Sr-90 i nadmorske visine bi bila veća količina atmosferskih, a time i radioaktivnih padavina na većim visinama.

Mnogi autori su ispitivali migraciju Sr-90 po dubini tla i utvrdili određene zakonitosti. Većina njih je utvrdila najveći nivo u prvom sloju (51%) i postepeni pad po dubini tla (2,3). Naša istraživanja su dala slične rezultate. Dobijeni rezultati pokazuju nešto veći nivo aktivnosti Sr-90 u prvom sloju nisu statistički značajne. Dugo prisustvo Sr-90 u biosferi (preko 20 godina) uslovilo je relativno ravnomernu distribuciju ovog radionuklida po slojevima tla.

A B S T R A K T

STRONTIUM-90 IN THE SOIL OF CERTAIN AREAS OF BOSNIA AND HERCEGOVINA

Soil as the first link in the ecological chain soil-food-man plays an important role in the distribution and transfer of Sr-90.

This paper establishes the level of activity of Sr-90 in the soil of certain regions of Bosnia and Herzegovina and its dependence on altitude and soil layer depth. The obtained results show that the south-southwestern parts of BiH have the highest Sr-90 content in the soil; that the Sr-90 content in soil increases with altitude; and that the first layer of soil shows the highest level of activity.

L I T E R A T U R A

1. SARAČEVIĆ L. Prilog istraživanjima hronične radioaktivne kontaminacije tla strontijumom-90 na teritoriji³ osne i Hercegovine. Magistarski rad Veterinarski fakultet, Sarajevo, 1986. 88.
2. BAUMAN A.: Raspodjela radionuklida u tlu. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 1980, 31, 3-14,
3. PAVLOCKAJA F.J.: Migracija radioaktivnih produktov globalnih vijadenja v Počvah. Atomizdat, 1974.

XIV Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja
Novi Sad, 8.-11.06.1987.

UKUPNI I TOPIVI CEZIJ U TLU

M. Maračić, D. Cesar, A. Bauman i E. Sokolović

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Sažetak

Izvršena su preliminarna istraživanja aktivnosti topivog cezija u tlu u odnosu na trajno fiksirani, na nekoliko lokacija u SR Hrvatskoj. Na istim lokacijama izmjerene su aktivnosti ukupnog cezija visokorezolucijskom gamaspektrometrijom.

UVOD

Kontaminacija biosfere bilo produktima nastalih uslijed rada nuklearnih pokusa u vojne svrhe ili akcidenata u nuklearnim postrojenjima nastaje putem padavina (fallout).

Pod normalnim okolnostima, od ukupne količine cezija koja se deponira u tlu, smatra se da se 70% nalazi u prvih 5 cm tla (1).

Fisioni produkti koji prodiru u tlo, u njemu se i otapaju. Oni produkti koji se uključuju u karbonate, a to su: ^{95}Zr , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce bit će brzo otopljeni jer se brzo hidroliziraju i otapaju u uvjetima koji vladaju u tlu (2). Međutim, većina tala fiksira cezij.

Koncentracija kalija u tlu odlučujuća je za izmjenu cezija u tlu. Osim kalija na apsorpciju cezija u tlama utječu i prateći minerali kao što su oni iz grupe montmorillonita (vermikulit, flogopit, askanit i drugi) (2).

Desorpcija cezija je najveća kod tala s velikim postotkom škriljaca, dok ona tla s visokim sadržajem silicija zadržavaju najveće količine cezija.

METODA

Uzorkovanje tla vršeno je cijevnim bušačem promjera 10 cm i to deset bušotina na površini od 1 m². Uzorci su uzimani na tlu bez vegetacije ili prethodno očišćena vegetacija sa tla bez poljoprivredne kulture u zadnjih 10 godina.

Očišćeno i prosijano tlo nakon sušenja do konstantne težine spaljeno je na 450 °C da se uklone organske tvari. Tako uzimani uzorci reprezentativni su s pedološkog i mikroklimatskog stanovišta za određeno područje. Za određivanje ukupnog cezija dovoljno je izmjeriti koncentraciju gama-spektrometrijom i to Ge-Li detektorom i 4000-kanalnim analizatorom.

Za određivanje topivog cezija u tlu potrebna je radio-kemijska separacija. Nakon otapanja u HCl taložen je cezij poslije niza postupaka čišćenja i odvajanja drugih radionuklida. Topivi cezij se izdvoji kao Cs-fosfomolibdat i odredi gama-spektrometrijom.

REZULTATI I TISKUSIJA

Tablica 1. Ukupni i topivi cezij u Sjeverozapadnoj Hrvatskoj

Božjakovina	Ukupni		Topivi		U/T	
	Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹	Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹		
22.05.1987.	¹³⁷ Cs	2720,0	52,54	619,2	11,96	4,39
	¹³⁴ Cs	1166,9	22,54	234,5	4,53	4,98
31.10.1987.	¹³⁷ Cs	2721,5	42,69	624,7	9,80	4,36
	¹³⁴ Cs	1628,8	25,55	209,7	3,29	7,77

Tablica 2. Ukupni i topivi cezij u tlu Like

Gospic		Ukupni		Topivi		U/T
		Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹	Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹	
25.06.1987.	¹³⁷ Cs	7013,1	125,00	981,7	17,50	7,14
	¹³⁴ Cs	2881,8	51,37	363,5	6,48	7,93
07.08.1987.	¹³⁷ Cs	11755,0	182,56	741,1	11,51	15,86
	¹³⁴ Cs	4121,0	64,00	280,7	4,36	14,48

Tablica 3. Ukupni i topivi cezij u tlu Istre

Čepić Polje		Ukupni		Topivi		U/T
		Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹	Bqm ⁻²	Bqkg ⁻¹	
14.08.1987.	¹³⁷ Cs	671,1	19,35	63,1	1,82	10,63
	¹³⁴ Cs	314,2	9,06	26,0	0,75	12,08
07.11.1987.	¹³⁷ Cs	1037,5	56,11	73,8	3,99	14,06
	¹³⁴ Cs	441,3	23,87	35,3	1,91	12,50

Iz rezultata istraživanja vidi se veliki raspon u postotku fiksiranog cezija u tlima. Već je rečeno da koncentracija cezija jako ovisi o sastavu i vrsti tla, što će detaljnije biti razradjeno na drugom mjestu. Do sada nije potpuno razjašnjen mehanizam migracije i otapanja cezija u pojedinoj vrsti tla kod nas.

Iz priloženih podataka može se samo ustvrditi da je najveća aktivnost cezija u tlu Like, što ovisi o količini padavina. Odnos ¹³⁷Cs/¹³⁴Cs je 2:1 dočim omjer ukupnog i topivog cezija varira od 5-20.

ABSTRACT

TOTAL AND SOLUBLE CAESIUM IN SOIL

Preliminary measurements of the activity of soluble caesium in soil in relation to permanently fixed caesium were carried out at several locations in the Republic of Croatia. At the same locations total caesium activity was measured by the method of high resolution gamma spectrometry.

LITERATURA

1. A. Bauman: Determination of ^{137}Cs in Soil, Proceedings of the first International Congress of Radiation Protection, Pergamon Press-Oxford, New York 1968.
2. A. Bauman, M. Juras, E. Sokolović, Dj. Stampf: Raspodjela radionuklida u tlu, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Vol. 31 (1980).

SNIŽAVANJE GRANICE DETEKCIJE RADIONUKLIDA KOMPRESIJOM UZORAKA IZ PRIRODE

I. Bikit, J. Slivka, Ž. Škrbić, Lj. Čonkić i M. Terzić
Institut za fiziku PMF u Novom Sadu

1. UVOD

Pri praćenju migracije radionuklida u prirodi, kako u redovnim tako i u akcidentalnim uslovima, danas se najčešće koristi metoda visokorezolucione gama spektrometrije. Da bi se ovom tehnikom dobili pouzdani podaci o koncentraciji radionuklida u prirodnim uzorcima neophodno je da se posveti velika pažnja optimalnom izboru svih parametara eksperimenta (zaštita detektora od fona, vreme merenja, masa i oblik uzorka itd.) i to tako da se omogući što veći broj merenja sa zadovoljavajućom tačnošću.

U ovom radu su razmotreni problemi vezani za snižavanje praga detekcije radionuklida u prirodnim uzorcima i izloženi su rezultati merenja uticaja kompresije uzorka na prag detekcije najzastupljenijih prirodnih i veštačkih radionuklida u životnoj sredini, koji emituju gama zrake u dijapazonu od 0,1 - 1,4 MeV-a.

2. PRAG DETEKCIJE RADIONUKLIDA U PRIRODΝIM UZORCIMA

Kod metode gama spektrometrije se koncentracija aktivnosti dатог radionuklida određuje iz čiste površine fotovrha karakterističnog gama prelaza u izmerenom spektru. Relativna greška ove površine se može izraziti kao [1]:

$$\frac{\Delta S_p}{S_p} = \frac{[s_p t + 2s_c t + b t (1 + \frac{t}{t_b})]^{1/2}}{s_p t} \cdot k \quad (1)$$

gde su: t - vreme merenja uzorka; t_b - vreme merenja fona; s_p , s_c i b - konstantne brzine brojanja u oblasti fotovrha, od merenih gama kvanata, komptonski rasejanih gama kvanata više energije i fona respektivno; k - parametar "confidence level" (nivoa poverenja) sa kojim se određuje greška.

Ako se pretpostavi da je fon meren sa velikom tačnošću ($t_b \gg t$), te da je komptonska površina ispod merenog fotovrha zanemarljiva ($s_c \rightarrow 0$) formula (1) se može prepisati u obliku:

$$s_p t + bt = p^2 s_p^2 t^2 \quad (2)$$

gde je - $p=r/k$; $(r=\Delta S_p/S_p)$

Rešavanjem (2) se dobija detektibilna brzina brojanja:

$$s_p = (2tp^2)^{-1} (1 + \sqrt{1 + 4tp^2 b}) \quad (3)$$

Kao što je pokazano [2], minimalna detektibilna brzina brojanja se može statistički ekvivalentno definisati izborom vrednosti parametara $r=1$; $t=3$ (100 % relativna greška pri 99,7 % "confidence level") ili $r=1/3$; $t=1$ (33 % relativna greška pri 68 % "confidence level") što u oba slučaja daje vrednost $p=1/3$, tj. rezultat:

$$s_p^{\min.} = 1/t (4.5 + \sqrt{20.2 + 8.9bt}) \quad (4)$$

Minimalna merljiva brzina brojanja u fotovrhу, data izrazom (4) direktno određuje minimalno merljivu koncentraciju aktivnosti datog izotopa u uzorku.

$$A_s^{\min.} = (\epsilon \cdot p_g \cdot T_p \cdot m \cdot t)^{-1} (4.5 + \sqrt{20.2 + 8.9bt}) \quad (5)$$

gde je ϵ - efikasnost detekcije; p_g - broj emitovanih gama kvanata po jednom radioaktivnom raspadu; T_p - transparencija [3] uzorka i m - masa uzorka.

Analizom pojedinih članova u formuli (5) se mogu uočiti glavni pravci strategije snižavanja praga detekcije.

U ovom radu je ispitivan uticaj kompresije cilindričnih uzoraka na prag detekcije. Za uzorce ovakvog tipa se transparencija lako određuje, a jednostavan proces kompresije ne produžava vreme pripreme uzoraka niti (kao hemijske metode koncentrisanja uzorka) utiče na pouzdanost merenja.

3. EKSPERIMENTALNE METODE I REZULTATI

Merenja su vršena na uzorcima sušenog mulja sa poznatim [4] sadržajem nekoliko radioizotopa. Gama-spektrometrijski sistem je opisan u radu [5]. Kompresija uzorka je izvršena pomoću hidraulične prese pri pritisku od 15 MPa. Kompaktni diskovi mulja su se mogli dobiti i samo kvašenjem mulja pre presovanja, bez dodavanja vezivnog materijala. Iz izmerenih vrednosti $\epsilon \cdot T_p$ za tri uzorka su izračunate vrednosti $A_s^{\min.}$, koje su navedene u tabeli 1. Prikazana su dva rezultata za komprimovane uzorce i jedan za nekomprimovan uzorak iste mase kao i komprimovan, sa većom visinom.

Tabela 1. Minimalne merljive koncentracije aktivnosti u uzorcima

E_{γ} [keV]	$A_s^{\min} [\text{mBq/g}]$ ($p_f = 1$; $t = 50$ ks)		
	mulj ($\rho = 1,94 \text{ g/cm}^3$)	mulj ($\rho = 1,56 \text{ g/cm}^3$)	
	$h = 0,35 \text{ [cm]}$	$h = 0,61 \text{ [cm]}$	$h = 0,76 \text{ [cm]}$
133	0,91	0,81	0,98
295	3,78	2,91	3,54
352	4,91	3,55	4,00
609	5,55	4,10	5,55
662	6,93	4,61	6,75
911	5,40	3,73	5,92
1173	5,05	3,37	5,73
1461	7,50	4,76	8,30

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Uporedjivanjem granica detekcije za dva uzorka iste mase, od kojih je jedan meren bez kompresije ($h=0,76 \text{ cm}$), a drugi posle kompresije ($h=0,61 \text{ cm}$), možemo zaključiti da i relativno mala promena gustine od 24 % (koja se može postići kod kompresije mulja) uzrokuje zнатне promene u pragu detekcije. Na niskim energijama (133 keV) se prag detekcije kompresijom snižava za 21 %, na srednjim (609 keV) za 35 %, a na visokim (1461 keV) za čitavih 74 %. Imajući u vidu da se sličan red veličine promene praga detekcije može postići povećanjem vremena merenja za oko dva puta, možemo se uveriti u bitnu ulogu procesa kompresije u racionalizaciji procesa merenja. Jasno je da je na prirodnim uzorcima veće kompresibilnosti (sušene biljke) ovaj efekat još više izražen.

Poredjenje rezultata merenja na dva komprimovana uzorka, koji se u masama razlikuju za skoro dva puta, jasno ukazuje da se prag detekcije relativno sporo smanjuje sa masom uzorka, te da pri izboru mase uzorka treba koristiti proces optimalizacije opisan u našem ranijem radu [6].

5. LITERATURA

1. I.Bikit, J.Slivka and L.Marinkov: THE OPTIMAL TIME OF MEASUREMENT OF WEAK GAMMA LINES LOCATED ON DECAYING COMPTON DISTRIBUTION; Zbornik radova PMF 1986; 16, u štampi

2. I.Aničin and C.Yap: COMMENTS ON DETECTION LIMITS IN SPECTROSCOPY; Nucl. Instr. and Meth., u štampi
3. S. Kaplanis: ON THE PHOTOFRACTION CORRECTION FOR VOLUMINOUS SOURCES; Int. J. Appl. Radiat. Isot. 1982; 33, 605-608
4. I.Bikit, J.Slivka, L.Marinkov, Lj.Čonkić i S.Vaderna: KONTROLA RADIOAKTIVNOG ZAGADJENJA REKE DUNAV NA JUGOSLOVENSKO-MADJARSKOM GRANIČNOM PROFILU (1986); Interna publikacija Instituta za fiziku PMF, Novi Sad 1987.
5. I.Bikit, L.Marinkov i M.Vesković; NISKOSUMNA ZAŠTITA ZA GAMA SPEKTROMETAR; XXVIII ETAN 1984., 6, 51-58
6. I.Bikit and M.Vesković: DETERMINATION OF THE OPTIMAL LENGTH OF CYLINDRICAL SOURCES FOR SPECIFIC GAMMA ACTIVITY MEASUREMENTS; Nucl. Instr. and Meth. 1986, A 243, 227-229

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA, Novi Sad,
08. - 11. juni 1987.

I.Bikit, J.Slivka, Ž.Škrbić, Lj.Čonkić and M.Terzić
Institute of Physics, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad

IMPROVEMENT OF THE DETECTION LIMIT OF RADIONUCLEI BY COMPRESSION OF
ENVIRONMENTAL SAMPLES

ABSTRACT: The effect of the compression of environmental samples on the detection limit of radionuclei was investigated. It is shown that for thin cylindrical sediment samples the enlargement of the density for only 20 % results in significant improvements of the detection limit especially for high energy gamma transitions.

Key words: radioactivity, detection limit

XIV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Novi Sad, 8.-11.06.1987.

MOGUĆI UDIO PROCESA SUHOG TALOŽENJA (DRY DEPOSITION) U RADIO-AKTIVNOJ KONTAMINACIJI PODLOGE

Barišić D., Lulić S., Vertačnik A.

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

Sažetak: Praćen je nivo kontaminacije na podlozi uvjetovan radioaktivnim oborinama uz svakodnevno mjerjenje radioaktivnosti u uzorcima trave s dvije lokacije od 1.5. do 8.5.1986. godine. U proračunima je uzet u obzir 24-satni radioaktivni raspodjeljiv na podlozi (travi) već prisutnih radionuklida i kontaminacija novim radioaktivnim oborinama. Rezultati prikazani u ovom radu ukazuju na značajan doprinos procesa suhog taloženja u ukupnoj kontaminaciji podloge

UVOD

Poznato je da se proces taloženja čestica raspršenih u atmosferi odvija na dva načina: a) "ispiranjem" atmosfere oborinama (wet deposition) i b) procesom suhod taloženja čestica (dry deposition). U ovom radu ukazano je na mogući doprinos procesa suhog taloženja ukupnoj radioaktivnosti podloge. Praćen je mogući nivo radioaktivnosti podloge uvjetovan radioaktivnim oborinama uz svakodnevno mjerjenje radioaktivnosti u uzorcima trave. Mjerjenja su provedena na lokaciji 1 od 1.-7. svibnja, a na lokaciji 2 od 2.-8. svibnja 1986. godine. Prikazani rezultati odnose se na mjerjenja nivoa kontaminacije trave radionuklidima ^{103}Ru , ^{131}I , $^{132}\text{Te-J}$, ^{137}Cs i $^{140}\text{Ba-La}$.

METODE UZORKOVANJA I MJERENJA

Uzorci oborina sakupljani su pomoću ljevka u čiste plastične posude volumena 1 lit-
re. Sakupljan je kompozitni 24-satni uzorak svih oborina koje su na promatranoj lokaci-
ji padale od 8 sati ujutro do 8 sati ujutro slijedećeg dana. Svi uzorci oborina datirani
su datumom završetka tih 24-satnih intervala. Zbog zaštite od moguće kontaminacije
uslijed procesa suhog taloženja čestica, lijevak uredjaja za sakupljanje kompozitnog uzor-
ka oborina prekriven je u neoborinskim periodima čistom plastičnom folijom. Količina
oborina mjerena je kišomjerima smještenim u neposrednoj blizini uzorkivača kompozit-
nog uzorka oborina. Trava je uzorkovana metodom slučajnog uzorka kao kompozitni uzo-
rak s površine od cca 20 m^2 u blizini lokacija na kojima su sakupljeni kompozitni uzorci

oborina. Uzorkovanja trave vršena su svakodnevno u 8 sati ujutro, tj. u vrijeme kada je skidan kompozitni uzorak oborina koje su pale u protekla 24 sata.

Radioaktivnost uzorka mjerena je u posudama poznate geometrije na Ge(Li) detektoru povezanom sa 4096 kanalnim γ -spektrometrom. Prije mjerjenja, uzorci nisu bili trećirani nekim fizičko-kemijskim postupcima. Vrijeme mjerjenja pojedinog uzorka iznosilo je od 1000 do 5000 sekundi, ovisno o količini i radioaktivnosti uzorka. U ovom radu kao radioaktivnost uzorka uzeta je suma radioaktivnosti radionuklida ^{103}Ru , ^{131}J , $^{132}\text{Te-J}$, ^{137}Cs i $^{140}\text{Ba-La}$. Vremena poluraspada radionuklida, te gama energije i njihovi intenziteti za gore navedene izotope dati su u Tablici 1.

Tablica I.

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

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

REZULTATI I DISKUSIJA

Radioaktivnost oborina mjerena je kontinuirano u uzorcima s obje lokacije od prve pojave radioaktivnih kiša (29.-30. travnja 1986). Na osnovi mjerene radioaktivnosti oborina (Bq/l) i količine oborina (l/m^2) izračunata je moguća kontaminacija podloge (Bq/m^2) po pojedinim radionuklidima i ukupna kontaminacija. Za svaki dan u promatranom periodu uzet je u obzir 24-satni radioaktivni raspodjeljivost prisutnih radionuklida te kontaminacija podloge novim količinama radioaktivnih oborina. U Tablicama 2 i 3 (kolone P) date su proračunate vrijednosti kontaminacije uz pretpostavku da se na podlozi (trava) zadržala sva radioaktivnost prispevaju oborinom, a u kolonama T prikazane su izmjerene radioaktivnosti u uzorcima trave.

Već u prvom uzorku trave od 1.5.1986. s lokacije I izmjerena je radioaktivnost od 16276 Bq/kg trave. Pošto je uzeto da 1 kg trave raste na 1 m^2 , ta vrijednost je bila

znatno više od moguće kontaminacije radioaktivnim oborinama (11448 Bq/m^2 od 1.5. 1986. ujutro). U uzorku trave od 3.5.1986. s lokacije I izmjerena je radioaktivnost od 22065 Bq/kg , a s obzirom na radioaktivnost izmjerenu u travi prethodnog dana i radioaktivni raspad, mogla se očekivati maksimalna radioaktivnost od 15407 Bq/kg (kolone M u Tablicama 2 i 3). Razlika izmedju očekivanih i izmjerene vrijednosti (kolone R u Tablicama 2 i 3) ukazuje na donos dodatnih količina radioanuklida na travu. Smatramo da se radi o rezultati procesa suhog taloženja budući da oborina nije bilo. U Tablici 2 za lokaciju I i Tablici 3 za lokaciju 2 prikazani su svi gore navedeni parametri (sумарно i po mjerenim radionuklidima). Na Slikama 1 i 2 dat je grafički prikaz dnevnog kretanja nivoa radioaktivnosti na podlozi uvjetovan kontaminacijom putem radioaktivnih oborina te mjerene vrijednosti radioaktivnosti na travi.

Negativne razlike izmedju stvarno izmjerene i teoretski očekivane vrijednosti radioaktivnosti na travi u danima s oborinama očito upućuje na proces ispiranja radioaktivnih čestica s trave. Kiša dakle pored donosa novih količina radionuklida na travu uvjetuje i djelomičnu dekontaminaciju trave odnoseći radionuklide u tlo. Pozitivna vrijednost ukazuje na donos dodatnih količina radionuklida na travu što je najvjerojatnije rezultat procesa suhog taloženja. Ukoliko se usporedi vrijeme trajanja oborina s vremenom u kojem se odvija proces suhog taloženja, vidljivo je da je to mnogo dugotrajniji proces. Stoga i znatno manji doprinos kontaminaciji podloge u odnosu na oborine, promatran u jedinici vremena, može u dužem vremenskom periodu postati čak i dominantan. U području gdje nema oborina, kontaminacija podloge isključivo je uvjetovana suhim taloženjem.

ZAKLJUČAK

Rezultati prikazani u ovom radu upućuju na značajan doprinos procesa suhog taloženja radioaktivnoj kontaminaciji podloge, premda se ukupan doprinos ovog procesa u kontaminaciji podloge ne može točno ustanoviti provedenim mjeranjima. Obzirom na prevladavajuće mišljenje o dominantnoj ulozi oborina pri kontaminaciji podloge, smatramo da bi znatno više pažnje trebalo posvetiti kako proučavanju samog procesa suhog taloženja tako i proučavanju njegovog doprinosa kontaminaciji podloge. Činjenica je da je ovaj proces, obzirom na brojne parametre koji ga uvjetuju (sinoptička situacija, koncentracija onečišćenja u atmosferi, vrsta i karakter same podloge, lokalni meteorološki uvjeti,

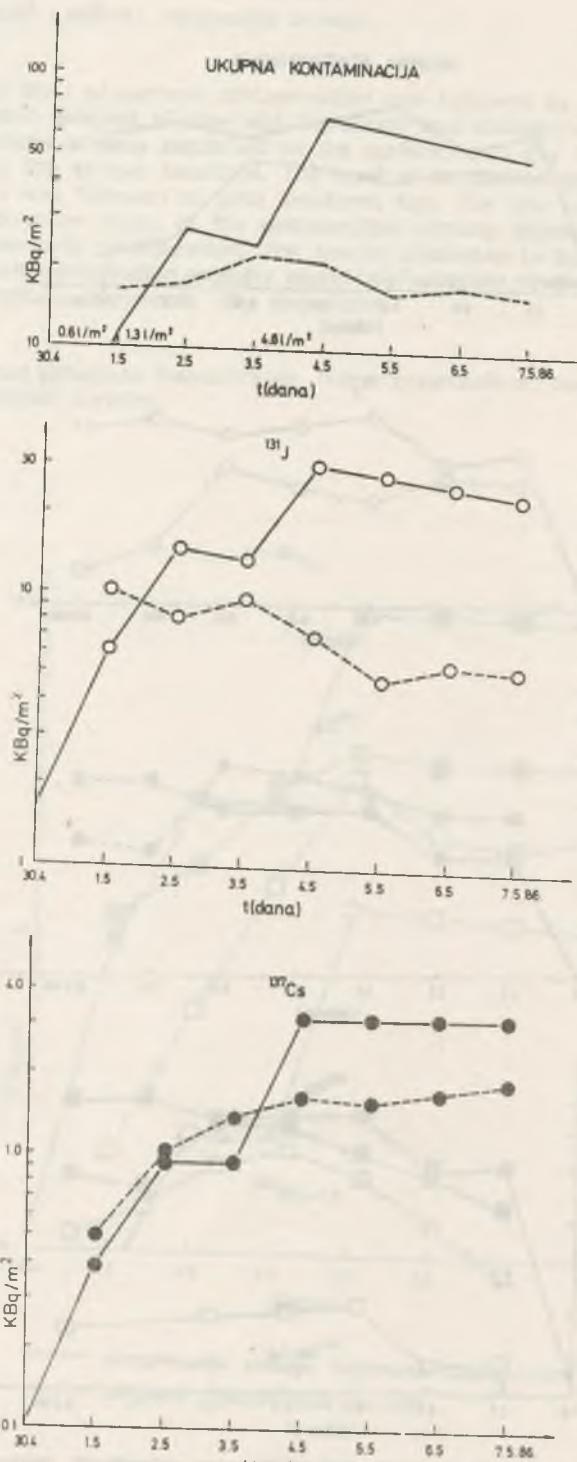
Tablica 2.

		01.05.	02.05.	03.05.	04.05.	05.05.	06.05.	07.05.
^{131}I	P	6112	14821	13597	30069	27585	25037	23217
	T	10222	8110	9644	7035	4842	6541	5314
	M		18592	7440	26442	6454	4442	6001
	R	(4110)	-10482	2204	-19407	-1612	2099	-687
$^{132}\text{Te-J}$	P	3991	8178	6604	25401	20522	16581	13396
	T	4261	5943	6810	5698	4696	4180	3729
	M		8423	4802	25567	4604	3794	3377
	R	(305)	-2480	2008	-19869	92	386	352
^{103}Ru	P	958	2552	2507	9700	9531	9365	9201
	T	1138	1635	2806	3655	3244	3236	3240
	M		2729	1606	9993	3591	3187	3179
	R	(180)	-1094	1200	-6338	-347	49	61
^{137}Cs	P	389	926	926	3111	3111	3111	3111
	T	495	1011	1377	1603	1547	1682	1820
	M		1032	1011	3562	1603	1547	1682
	R	(106)	-21	366	-1959	-56	135	138
$^{140}\text{Ba-La}$	P	78	234	222	1236	1171	1189	1051
	T	205	578	1428	3012	2056	1856	2087
	M		354	548	2379	2853	1948	1758
	R	(127)	224	880	633	-797	-92	329
Oborina	P	11448	26711	23856	69517	61920	55473	49976
	T	16276	17277	22065	21003	16385	17495	16190
	M		31130	15407	67943	19105	14918	15997
	R	(4828)	-13953	6658	-46940	-2720	2577	193

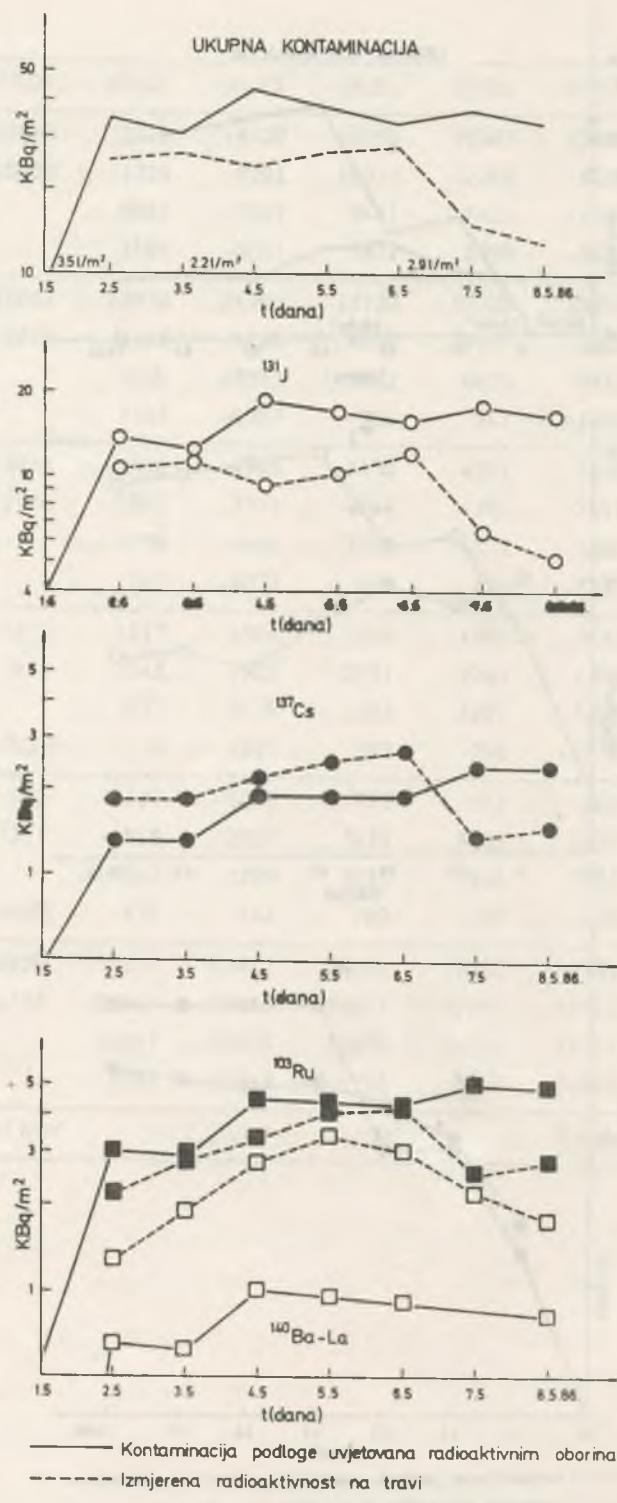
0,6 l/m² 1,3 l/m² 4,6 l/m²

Tablica 3.

		02.05.	03.05.	04.05.	05.05.	06.05.	07.05.	08.05.
^{131}J	P	13860	12715	18520	16990	15587	17921	16441
	T	10728	11326	9201	10313	12260	6438	5063
	M		9842	17242	8441	9461	14869	5906
	R		1484	-8041	1872	2799	-8431	-843
$^{132}\text{Te-J}$	P	16063	12978	16980	13720	11085	10653	8607
	T	8677	8113	6265	6028	5117	2528	1859
	M		7010	13052	5062	4870	5831	2040
	R		1103	-6787	966	247	-3303	-183
^{103}Ru	P	3018	2966	4549	4470	4392	5078	4989
	T	2174	2861	3375	4144	4196	2551	2787
	M		2136	4446	3316	4072	4886	2506
	R		725	-1071	828	124	-2335	281
^{137}Cs	P	1317	1317	1904	1904	1904	2423	2423
	T	1837	1842	2202	2491	2743	1390	1490
	M		1837	2429	2202	2491	3262	1390
	R	(520)	5	-227	289	252	-1872	100
$^{140}\text{Ba-La}$	P	662	627	1016	962	912	864	818
	T	1311	1918	2803	3435	3065	2255	1801
	M		1242	2239	2655	3254	2903	2136
	R	(649)	676	564	780	-189	-648	-335
	P	34920	30603	42962	38046	33880	36939	33278
	T	24727	26060	23846	26411	27381	15162	13000
	M		22067	39408	21676	24148	31751	13980
	R		3993	-15562	4735	3233	-16589	-980
Oborina		3,5 l/m ²		2,2 l/m ²			2,9 l/m ²	



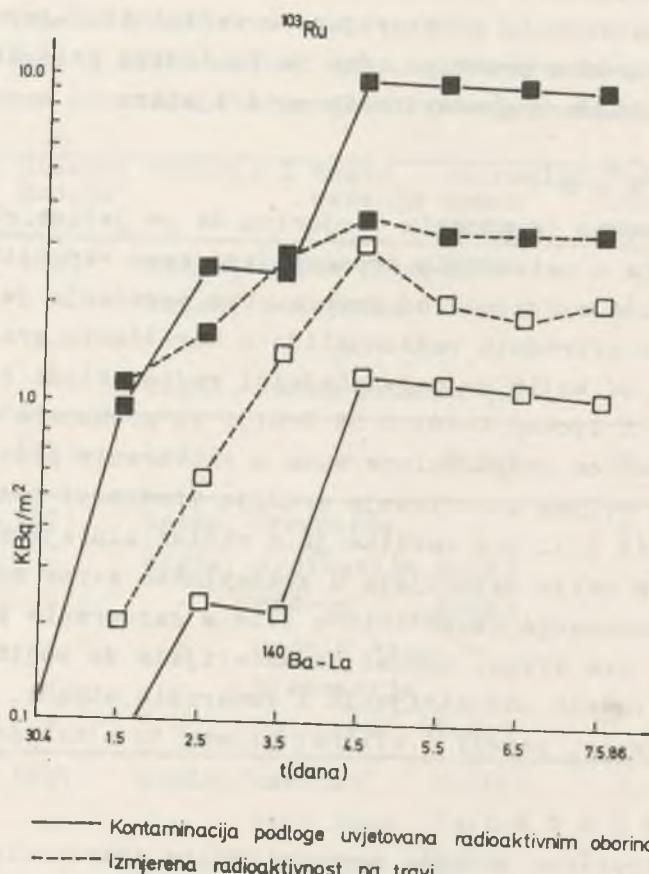
— Kontaminacija podloge uvjetovana radioaktivnim obozninama
---- Izmjerena radioaktivnost na travi



orografski utjecaji i slično), nedovoljno istražen.

Abstract: The level of surface contamination was followed by the gamma-spectrometric analysis of new wet deposition and radioactive decay of the radionuclides already deposited on the surface each day from May 1th till May 8th at two locations. The level of contamination on fresh grass samples was followed at both locations, too. The new wet depositions and radioactive decay of the radionuclides already deposited on the grass were taken into consideration. The results presented in this work indicate significant contribution of "dry deposition" process to the total surface contamination. **Keyword:** dry deposition

Zahvala: Autori zahvaljuju Republičkom hidrometeorološkom zavodu SR Hrvatske na uspješnoj suradnji.



XIV SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

MERENJE JAČINE EKSPozICIONE DOZE U ZATVORENIM PROSTORIJAMA

Marković P.^x, Nikezić D.^x, Ristić D.^{xx}

^x Prirodno-matematički fakultet, Institut za fiziku, Kragujevac
^{xx} Institut "Boris Kidrič", Vinča

Apstrakt

U ovom radu su dati rezultati merenja jačine ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama i van njih. Pokazano je da je doza u zatvorenim prostorijama u većini slučajeva veća od doze na otvorenom prostoru, što je posledica prisustva prirodnih radionuklida u gradevinskim materijalima.

1. U V O D

Odavno je poznata činjenica da je jačina ekspozicione doze veća u zatvorenim prostorijama nego van njih, važan izuzetak su kuće sagradene od drveta. Ovo povećanje je posledica prisustva prirodnih radionuklida u korišćenim gradevinskim materijalima, od kojih su najznačajniji radionuklidi serija U-238, Th-232 i izotop K-40. U SR Srbiji su preduzeta sistematska merenja jačine ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama i van njih sa ciljem utvrđivanja srednje vrednosti razlike doze unutar i van (1). Ova razlika je u većini slučajeva mala, ali korišćenje nekih materijala u gradevinske svrhe može izazvati znatno povećanje ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama. Ovo se, pre svega, odnosi na materijale do kojih se došlo preradom raznih industrijskih i rudarskih otpada, kao što su: šljake, zgure, pepeli i slično; primer 10 u tablici 1.

2. M E R E N J A

Izvršeno je više merenja jačine ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama i van njih na području Kragujevca,

Niša i Arandelovca. Rezultati nekih ranijih merenja su objavljeni u referenci (2). Lokacije merenja su odabirane tako, da se obuhvati što veći broj prostorija različite namene, starosti, arhitekture i korišćenih gradevinskih materijala.

Merenja su obavljana pomoću instrumenta MAB 601. Ovo je izuzetno osetljiv aparat koji pouzdano meri doze na nivoj prirodnog zračenja. Detektor je plastični scintilator sa slojem cinksulfida. Ovakav detektor omogućuje praktično, energetski nezavisna merenja dcza u intervalu energija zračenja od 20 keV do 1 Mev.

3. R E Z U L T A T I

U tablici 1 dati su rezultati merenja jačina ekspozicionih doza u Kragujevcu.

TABLICA 1: Jačina ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama i na otvorenom prostoru u Kragujevcu pre Černobila, u pC/kgs

r.b.	Namena	Starost	Materijal	Mesto merenja	Zapremina mxxmx XxYxZ	fon na otvor. pC/kgs	U prostor. zatv. pC/kgs
1	sud	1904	cigla, radna pros.	6x5x4	-	0,355	0,639
-	-	-	kamen, stepenice	-	-	-	0,852
-	-	-	-	-	-	-	1.065
-	-	-	cigla, radna pros.	6x4x3	-	-	0,639
2	pos.zgr.	1971	beton	-	9x3x3	0,426	0,497
3	med.cent.	1971	beton, čekaonica	-	-	0,319	0,355
-	-	-	cigla, ordinacija	4x3x3	-	-	0,568
-	-	-	-	podrum	8x6x3	-	0,355
-	-	-	-	hodnik 4st	-	-	0,426
-	-	-	-	trpezarija	-	-	0,426
-	-	-	-	bol.soba	6x4x3	-	0,461
4	škola	1895	cigla, kabinet	17x6x4	0,426	0,568	
-	-	-	-	nast.kanc.	12x7x4	-	0,568
-	-	-	-	učionica	9x6x4	-	0,603
5	škola	1969	cigla, učionica	10x6x4	0,426	0,568	
-	-	-	-	hodnik	27x8x4	-	0,497

6	škola	1970	cigla, hol	15x9x4	0,568	0,639
-	-	-	- učionica	10x7x4	-	0,674
-	-	-	-	-	-	0,710
7	kuća	1965	- dn.soba	4x4x3	0,568	0,639
-	-	-	- sp.soba	-	-	0,568
8	kuća	1977	- dn.soba	8x8x3	0,568	0,568
9	crkva	1907	kamen	-	-	0,994
-	-	stari deo	-	-	-	0,497
10	kuća	1965	cigla+šljaka,sp.soba	4x4x2,6	0,382	3,321

4. Z A K L J U Č A K

Pored navedenih rezultata izmereno je još oko 30 raznih poslovnih i stambenih zgrada, kuća, i tako dalje.

U većini slučajeva jačina ekspozicione doze u zatvorenim prostorijama je nešto veća, nego van. U malom broju slučajeva ove dve doze su približno jednake. Razlika doze unutar i van, usrednjeno uzev je oko 0,147 pC/kgs, što je nešto manje od vrednosti za SR Nemačku (oko 0,159 pC/kgs). Najveće povećanje jačine ekspozicione doze može se očekivati u kućama građenim od kamena (ovo zavisi od vrste korišćenog kamena), manje u prostorijama građenim od cigle, a najmanje u zgradama od betona.

5. S U M M A R Y

The paper deals with with Exposure rate indoor and outdoor measurements. In most cases indoor Exposures were higher, due to the Contribution of the construction materials.

6. R E F E R E N C E

1. Nikezić D. "Račun fluensa i ekspozicione doze gama zračenja u zatvorenoj prostoriji Metodom Monte Karlo", mag. rad., PMF - Kragujevac 1984.

2. Marković P., Ristić Đ., Nikezić D., "Doprinos ozračivanju stanovništva od građevinskih materijala sa povišenom koncentracijom radionuklida", Zbornik radova XI Simpozijuma JDZZ, Portorož 1981.

NEKATERI ZANIMIVI REZULTATI ČERNOBILSKE KONTAMINACIJE

Dušan Brajnik, Matjaž Korun, Rafael Martinčič, Bogdan Pucelj
Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja v Ljubljani

V času černobilske kontaminacije je bila opravljena množica gama spektrometrijskih meritev. Iz te množice meritev pa ne dobimo zgolj koncentracij radioizotopov, ki so osnova za ukrepanje in za kasnejši izračun doz, temveč lahko sklepamo tudi na nekaj zanimivih dejstev.

Ocena celotnega useda po černobilski nesreči.

Pomemben podatek predstavlja ocena celotnega useda po černobilski nesreči. To oceno smo dobili na tri načine: iz vsakodnevno izmerjenih koncentracij radioizotopov v dežju, iz kontaminacije zemlje ter iz aktivnosti vazelinskih plošč. Rezultati so zbrani v tabeli 1.

Vrednosti dobljene iz deževnice predstavljajo vsoto trenutnih, vsakodnevno merjenih vrednosti, vrednosti dobljene iz zemlje so preračunane na 4. maj ob 12,00 uri (približno konec intervala glavnega onesnaženja), podatki iz vazelinskih plošč pa so dobljeni na enak način kot iz deževnice ter s predoostavko 100 % učinkovitosti zbiranja. Primerjava z rezultati iz deževnice in zemlje nam pove nekaj o izkoristku vazelinskih plošč.

Iz tabele 1 je razvidno, da je 90 % useda orišlo v dneh med 30. aprilom in 2. majem 1986. Podatki veljajo za ljubljansko območje.

Efektivni razpolovni čas I-131 v ščitnici.

Spremljanje aktivnosti I-131 v ščitnici ene od oseb, ki je prvomajske praznike preživel v Negotinu, nam je omogočilo določitev efektivnega razpolovnega časa (tabela 2). Rezultat $t_{1/2} = 7.57 \text{ d} \pm 0.1 \text{ d}$ se dobro ujema z znano vrednostjo 7.6 d iz literature (1), predvsem pa kaže na to, da je orišlo do "enkratnega" vnosa v prvomajskih praznikih oziroma, da oo vrnitvi iz Negotina praktično ni več prišlo do vnosa I-131.

Ocena časa zaustavitve reaktorja "Ljenin" v Černobilu.

S spremeljanjem razmerja aktivnosti I-133 in I-131 ter s poznavanjem razmerja v trenutku zaustavitve reaktorja je mogoče oceniti čas zaustavitve reaktorja. Časovni ootek razmerja smo dobili iz meritev koncentracij joca v zraku, razmerje v trenutku zaustavitve reaktorja pa smo našli v literaturi (2). Iz teh podatkov (tabela 3) dobimo, da se je reaktor v Černobilu zaustavil 24. aprila 1986 ob 21,00 uri. Nenatančnost računa smo ocenili na $\pm 8 \text{ ur}$.

Časovni potek razmerij specifičnih aktivnosti radioizotopov iz Černobila.

Iz zbranih merskih podatkov je bilo moč izračunati tudi nekatera razmerja specifičnih aktivnosti radioizotopov iz Černobila. Rezultati za deževnico, zračne filtre in vazelinske plošče so zbrani v tabeli 4. Dobro je opazen preskok po 9. maju. To jasno kaže, da se je v drugem delu izpostov spremenila tudi sestava izpusta.

Učinkovitost pranja zelenjave.

Napravili smo tudi test učinkovitosti dekontaminacije solate s pranjem. Če definiramo faktor dekontaminacije z razmerjem specifičnih aktivnosti pred in po pranju, dobimo, da se večina izotopov pri pranju solate na običajen, gospodinjski način spere okoli 7 krat (tabela 5). Izjema sta I-131 in Mo-99 kjer smo dosegli le 3 kratno zmanjšanje. Rezultati veljajo seveda le za primer zunanje kontaminacije.

Vrednost ekstrakcijskega faktorja pri čaju.

Zelišča so bila razmeroma močno kontaminirana, zato nas je tudi zanimalo kolikšen del radioizotopov pri kuhanju preide iz zelišča v vodo (čaj). Poskus smo napravili z lipovim cvetjem in meto, rezultati pa so zbrani v tabeli 6.

Iz tabele je razvidno, da se različni izotopi obnašajo različno in da v čaj preide 15 do 70 % izotopa v zelišču. Ta delež je odvisen tudi od vrste zelišča.

Prehod joda in cezija iz trave v mleko.

Sistematicno merjenje kontaminacije trave in mleka nam je v enem primeru omogočilo spremljanje prehoda joda in cezija iz trave v mleko. Rezultati so orikazani na sliki 1. Jasno je vidno povečanje vsebnosti joda in cezija v mleku potem, ko so bile krave ponovno na paši (po 15. maju). Sicer pa je potek koncentracij v mleku približno tak, kot ga napoveduje literatura.

Ocena velikosti kontaminacije okolja z dolgoživim I-129.

Velikost kontaminacije z dolgoživim I-129 lahko ocenimo ali direktno na osnovi črte 39.6 keV ali indirektno na osnovi Te-129m.

Metoda direktne določitve je bila otežkočena zaradi prisotnosti črte 39.7 keV iz Ru-103m. Možna je bila le v ščitnici (zbiranje joda). Z analizo kravje ščitnice po 3 mesecih, ko so ostali izotopi joda že razpadli, smo določili aktivnost I-129 na 0.03 Bq.

Z direktno metodo smo v zraku dobili le zgornjo mejo 0.02 Ba/m^3 , prek specifične aktivnosti Te-129m (1 do 2 Bq/m^3) pa 0.1 do 0.3 uBq/m^3 . Podobne vrednosti dobimo tudi iz razmerja fizijskih pridelkov ($A(\text{I-129})/A(\text{I-131}) = 1.6 E-6$).

ABSTRACT

The paper presents some interesting results such as an estimation of the fallout in Ljubljana region (SR Slovenia, Yugoslavia), measured effective life time of I-131 in thyroid, an estimation of the reactor shutdown time, measured effectiveness of the decontamination procedure for vegetables, time dependence behavior of I-131 and Cs-137 in grass and cow milk etc. which followed a numerous gamma spectroscopy measurements performed at the J.Stefan Institute after Chernobyl accident.

TABELA 1

Celotni used po černobilski
nesreči

		Celotni used (kBq/m ²)			
Izotop	deževnica	zemlja	vazel. plošče	(*)	
Mo- 99	11	-	-	0.38	
Ru-103	34	31.8	42.2	3.21	
Ru-106	7	10.8	10.8	0.7	
I -131	145	26.3	104.3	4.0	
Te-132	148	3.8	115	6.2	
Cs-134	11	12.9	12.9	0.8	
Cs-137	26	26.1	26.1	1.8	
Ba-140	5 (**)	1.97	4.7	0.8	
La-140	(xx)	6.58	-	3.2	

(**) predpostavljena je 100 % učinkovitost zbiranja

(**) velja za Ba-140/La-140

TABELA 3

Ocena časa zaustavitve
reaktorja v Černobilu

Datum	A(I133)/A(I131)	Stat.	nap.
(**)	(**%)	(%)	
30/4/10,17	0.0623	7	
30/4/13,52	0.0512	6	
30/4/19,30	0.0463	8	
1/5/13,52	0.0316	8	
1/5/18,39	0.0158	20	
2/5/02,39	0.0195	4	
2/5/08,57	0.0129	17	
2/5/12,29	0.0241	20	
2/5/16,10	0.0065	63	
2/5/20,58	0.0066	47	
3/5/09,51	0.0043	45	

TABELA 4

Časovni potek razmerja radioizotopov
iz Černobila

		Razmerje specifičnih aktivnosti	
vzorec	datum	Cs-137/Ru-103	Ru-103/Ru-106
deževnica	9/5 - 2/6	0.511±0.051	4.99±0.52
	30/4 - 2/6	1.11 ± 0.08	1.61±0.36
		-	-
		-	, 2.24±0.09
zračni	30/4 - 8/5	0.537±0.027	4.03±0.51
filter	9/5 - 26/5	0.850±0.064	0.30±0.12
		-	-
vazelin.	30/4 - 14/5	0.51 ± 0.02	-
plošča	14/5 - 20/5	1.35	-
	30/4 - 20/5	-	4.29±0.49
		-	2.39±0.21

OPOMBA:

Povprečno razmerje Cs izotopov je (2.21±0.05)

TABELA 5

Učinkovitost pranja zelenjave

		solata		radič	
Izotop	A/m (Bq/kg)	Fdek	A/m (Bq/kg)	Fdek	
: neoprana : opranak:			neoprana : opranak:		
Mo- 99	255	66	3.9	370	150
Ru-103	1880	396	4.7	3300	630
I -131	5245	1860	2.8	6810	2330
Te-132	5020	686	7.3	8900	1330
Cs-134	670	100	6.7	1550	185
Cs-136	270	37	7.3	500	70
Cs-137	1400	204	6.9	3170	360
Ba-140	920	142	6.5	925	107

specifična aktivnost pred pranjem

Fdek = -----

specifična aktivnost po pranju

(**) Oprano na običajen, gospodinjski način

TABELA 2

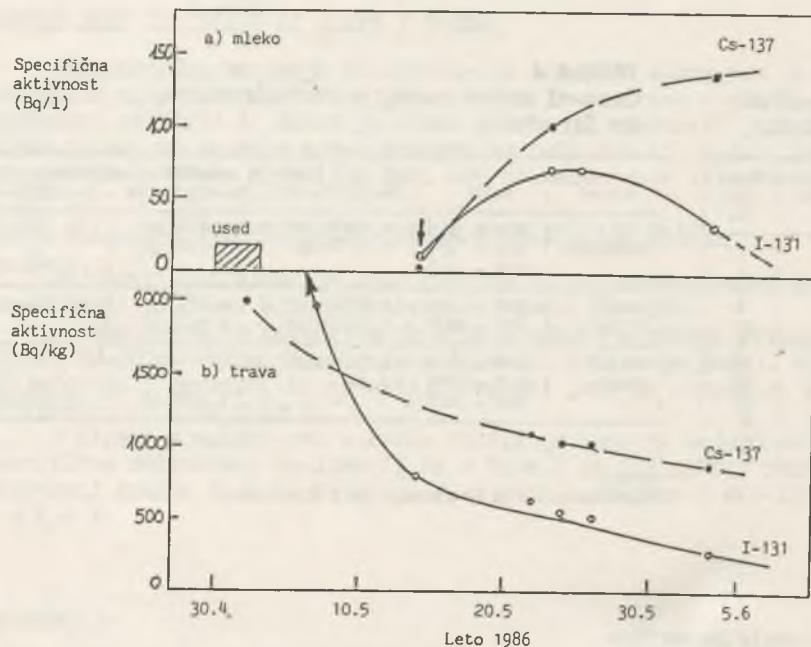
Določitev efektivnega razpolovnega
časa v ščitnici

Zap.	Datum	Aktivnost ščitnice :
št.	:	(Bq)
1	16/5	2520
2	17/5	2152
3	19/5	1953
4	20/5	1670
5	23/5	1260
6	29/5	756

TABELA 6
Vrednost ekstrakcijskega faktorja
pri čaju

$$Fe = \frac{\text{čaj}}{\text{zelišče}}$$

:	lipa	čaj	:	meta	čaj	:	:
izotop	specif.aktiv.	Fe	::	specif.aktiv.	Fe	:	:
:	Bq/kg	Bq/l	(%)	Bq/kg	Bq/l	(%)	:
Ru-103	1165 \pm 74	8. \pm 1.	70 \pm 10	670 \pm 33	1. \pm 0.2	15 \pm 3	:
I -131	287 \pm 55	2. \pm 0.7	70 \pm 28	54 \pm 24	0.3 \pm 0.3	56 \pm 60	:
Cs-134	1000 \pm 70	6.5 \pm 1.	65 \pm 11	275 \pm 30	0.5 \pm 0.3	18 \pm 11	:
Cs-137	2150 \pm 95	7. \pm 1.	32 \pm 5	690 \pm 37	2. \pm 0.4	29 \pm 6	:



Slika 1: Potek specifične aktivnosti I-131 in Cs-137 v mleku (a) in v travi (b) (Ljubljansko območje).

LITERATURA

- (1) Manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury, Safety Series No.47, IAEA, Vienna, 1978
- (2) L.Devell et.al., Nature 321, 192-193 (1986)

XIV. Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, novi Sad
8-11. juna 1987.

D. Hajduković, M. Vukotić

Klinički centar medicinskog fakulteta u Beogradu
OOUR Institut za medicinu rada i radioološku zaštitu "Dr Draž
goljub Krajović" Beograd, Deligradska 29

SPOLJAŠNJA IZLOŽENOST POPULACIJE U SR SRBIJI RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

UVOD

Prvi znaci nastupanja kontaminacije koja je dospela na teritoriju SR Srbije konstatovana je merenjem filtra uzorka prizemnog sloja vazduha sakupljačkog mesta PALIĆ. Name, ukupna beta aktivnost filtra 28.04 pokazala je povećanje od 9 puta a filter od 29.04 povećanje od 11,5 puta u odnosu na dane pre akcidenta.

Ukupna beta aktivnost padavina pokazala je značajna povećanja kako specifične beta aktivnosti tako i ukupne istaložene beta aktivnosti padavina, naročito noći izmedju 1/2 maja.

Merenja jačine ekspozicione doze gama zračenja na visini 1 metar od tla pokazala su povećanje od nekoliko puta u odnosu na stanje pre kontaminacije preko vazduha i padavina.

U rezultatima merenja biće dat prikaz 10-tinu dana u maju mesecu kada su bile registrovane najveće nastale kontaminacije preko vazduha i depozicije preko padavina na tlu.

Napominjemo, da su vrednosti ukupne beta aktivnosti na filteru pre maja 1986.g. iznosile deo jednog ili par mili Bq/m^3 vazduha, da su ukupne beta aktivnosti padavina bile reda nekoliko Bq/m^2 istaloženih padavina, odn. par Bq/l specifične aktivnosti.

Ekspozicione doze gama zračenja na visini 1 metar od tla pre kontaminacije, koje su zavisile u prvom redu od geološkog sastava zemljišta sa manjim depozitom gama emitera dospelim na tlo nakon nuklearnih proba. Tako smo merenjima (1968.g.) na 800 lokacija u SR Srbiji našli vrednosti od 3 do 35 $\mu R/h$ (214,5 do 2500 $\times 10^{-15} C/kg$ s) odn. prosečna vrednost za SR Srbiju bila je 12,8 $\mu R/h$ (915 $\times 10^{-15} C/kg$ s).

Sledi izvod najkarakterističnijih rezultata merenja.

Rezultati merenja

Ukupna beta aktivnost vazduha (mBq/m³)

BEOGRAD- na dan 27.04 ukupna beta aktivnost na filtru bila je 2,6 sa tendencijom porasta ,značajno visoka vrednost bila je 2.05 a najveća 51335,2 mBq/m³ filtra 3.05.86. Nastaje pad i novi porast 6.05 na 19662 mBq/m³. Dalje opada aktivnost i najmanja u maju 43,4 mBq/m³ na dan 23.05.

ZAJEČAR- na dan 27.04 , 0,8 mBq/m³ sa postupnim porastom i naveća vrednost ukupne beta aktivnosti 4.05 iznosi 85884,0 mBq/m³ , aktivnost opada i značajno povećanje 7.do 9.05 od 28851,0 mBq/m³. Najmanja vrednost 22.05 od 21,6 mBq/m³.

NIŠ- na dan 27.04 povećana vrednost, stalno u porastu i na dan 30.4 najveća vrednost 47617,9 mBq/m³, zatim u padu i novo povećanje 5.05 od 15674,3 mBq/m³. Najmanja vrednost 31.05 bila je 10,5 mBq/m³.

PALIĆ- na dan 27.04 ukupna beta aktivnost bila je 3,7 mBq/m³ sa stalnim porastom do 3.05 kada je bilo 13532,3 mBq/m³ neznatan pad i novi značajan porast 5-7.maja ,najveće 7.05 50509,7 mBq/m³. Najmanja vrednost u mesecu maju 31.05 bila je 6,7 mBq/m³.

Ukupna beta aktivnost padavina u Beogradu i Palicu

BEOGRAD- na dan 1.05 specifična beta aktivnost bila je 86,67 Bq/l kao i atmosferskog taloga 86,67 Bq/m². Na dan 2.05 specifična beta aktivnost bila je povećana na 5074,92 Bq/l a u atmosferskom talogu 45674,30 Bq/m². Gamaspektrometrija J 131 imala je 882,3 Bq/l. Na dan 3.05 atmosferske padavine preko čvrstog taloženja 5067,66 Bq/m², J 131 preko gammaspktrometrije 45,8 Bq/l.

PALIĆ- na dan 1.05 preko čvrstih padavina 8,16 Bq/m², 2.05 povećano na 459,48 Bq/m² , na dan 3.05 najveća vrednost 1051,82 Bq/m² i dalje u padu, s tim što je na dan 8.05 bilo povećanje 619,33 Bq/m². Najveća vrednost preko atmosferskog taloga 9.05 iznosi 7027,5 Bq/m² ,specifična aktivnost 465,3 Bq/l i povećana 10.05 na 3142,0 Bq/l , i preko atmosferskog taloga 1256,83 Bq/m².

Očigledno je da je najveća kontaminacija tla došla preko padavina.

Jačina ekspozicione doze gama zračenja iznad tla

Merenja su obavljana iznad neobradjenog-travnatog terena gde su doze bile oko 30% veće nego na obradivom zemljištu bez rastinjatrave.

Vrednosti merenja se daju u vanskempskoj-staroj jedinici u $\mu\text{R}/\text{h}$ kao je bilo prihvaćeno u dane praćenja kontaminacije a pored ove i u novoj jedinici kuluon-kilogram-sekund.

Rezltati-merenja opseg

Geografske lokacije u SR Srbiji

od 45 do 60 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili	Subotica, Kikinda, Sombor, Zrenjanin Loznica, Smed. Palanka, Niš ...
od 3217 do $4290 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	
od 60 do 90 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili	Vršac, Sremska Mitrovica, Veliko Gradište, Kruševac, Dimitrovgrad, Peć ...
od 4290 do $6435 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	
od 6435 do $8580 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$ ili 90 do 120 $\mu\text{R}/\text{h}$	Novi Sad, Surčin, Kuršumlija...
od 120 do 150 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili 8580 do $10725 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	Valjevo, Negotin, Sjenica, Kopaonik, Vranje, Priština, Prizren ...
od 150 do 200 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili 10725 do $14300 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	Zaječar ...
od 200 do 300 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili 14300 do $21400 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	Leskovac, Kraljevo, Ćuprija, Crni Vrh, Beograd ...
od 300 do 400 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili 21400 do $28600 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	Zlatibor, Ovčar Banja ...
od 400 do 500 $\mu\text{R}/\text{h}$ ili 28600 do $35750 \times 10^{-15} \text{C}/\text{kgs}$	Užička Požega ...

Na dاتim lokacijama prikazane su najveće izmerene vrednosti. Pokazalo se u toku merenja da su i na manjim udaljenostima postoje razlike u distribuciji gama emitera i razlike u jačini gama doza.

Zaključak

Rezultati merenja ukupne beta aktivnosti prizemnog sloja vazduha kao i deponovane aktivnosti preko atmosferskog taloga na ispitivanim mestima, pokazuju značajna povećanja nakon akcidenta u Černobilu od 100 do 10.000 puta.

Posebno bi istakli da je merenje ukupne beta aktivnosti ovakvih uzoraka dalo pouzdane rezultate praćenja kontaminacije od samog početka.

Jačine akspozicionih doza gama zračenja su bile povećane i nehomogeno distribuirane. Povećanje je bilo od 10 do 55 puta veće nego pre akcidenta u Černobilu.

Na osnovu ovih rezultata i daljeg praćenja redovnim programom moguće je izvršiti procenu nastale kontaminacije terena i izloženost populacije spoljašnjem ozračenju.

Abstract:

XIV. Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Novi Sad, 8-11. of June 1987.

D. Hajduković, M. Vukotić

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

After Chernobyl accident a new arised situation has been followed up by existing monitoring system. Measurements of lower layer atmosphere at collecting spots of Belgrade, Zaječar, Niš and Palić, atmospheric fall-out in Belgrade, Niš and Palić and measurement of gamma radiation dose exposure in Belgrade and a territory of Sr Serbia.

A total beta activity as well as gamma spectrometric measurements in the air and deponed activity through the atmospheric fall-out give a higher values of 100 to 10.000 times, at gamma radiation dose exposure above the ground from 10 to 55 times higher than before the Chernobyl accident.

D.Veličković, I.Mirić, D.Petrović*

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

*Tehnološko-metallurški fakultet, Beograd

**EFIKASNOST DETEKCIJE POLIKARBONATNIH FOLIJA
MAKROLONA 2800 NA FISIONE FRAGMENTE**

REZIME U ovom radu su ispitane mogućnosti pravljenja polikarbonatnih fozila od Makrolona 2800 u granulama i poređenje njegovih detekcionih karakteristika sa komercijalno proizvedenim folijama Makrolona E.

KLJUČNE REČI: Čvrsti trag detektori, detekcija neutrona, fisioni fragmenti, efikasnost detekcije.

UVOD

Polikarbonatne folije su veoma pogodne za detekciju neutrona registrovanjem fragmenata fisije, koji se stvaraju u meti koja prekriva detektor ili u samom detektoru. To su izolacioni materijali čija je podužna otpornost veća od $200 \text{ k}\Omega/\text{m}$, pa se zbog toga u njima mogu formirati latentne slike fisionih tragova koji postaju vidljivi nakon hemijske obrade polikarbonata. Da bi ove folije bile pogodne za detekciju fisionih tragova one treba da imaju određene osobine kao što su čvrstina, prozračnost, elastičnost ravne i glatke površine ...

Danas se u svetu izradjuje veći broj polikarbonatnih folija koje nalaze svoju primenu u raznim granama tehnika. Njihove karakteristike u pojedinim serijama zadovoljavaju i zahteve koji se postavljaju i za čvrste trag detektore. U nemogućnosti da uvek nabavimo potrebne folije pristupilo se izradi pravljenja polikarbonatnih folija od granula Makrolona 2800 (Bayer).

U ovom radu opisan je način proizvodnje folije i prikazani su rezultati merenja fisionih fragmenata dobijenih ozračivanjem folija u kontaktu sa metom, koju predstavlja homogeni monomolekularni sloj ^{285}U proizведен od specijalizovane firme REACTOR EXPERIMENTS.

IZRADA FOLIJA

Prema podacima koje je dao proizvodjač Makrolon u granulama može da se rastvori u hloroformu, etilenhloridu, trihloretilenu, tetrahloretilenu. Rastvaranjem granula u navedenim rastvaračima nisu dobijene folije zadovoljavajuće kvaliteta, jer su bile mutne, krte, nehomogene ili izbrazdane. Od svih korišćenih rastvarača najbolji rezultati su dobijeni sa metilenhloridom. Eksperimenti su vršeni rastvaranjem u zapreminama od 10 l/kg do 60 l/kg, na sobnoj

temperaturi u vremenskom intervalu od 4 h do 92 h. Debljina razlivenog rastvora se kretala od 100 μm do 600 μm .

Folije koje zadovoljavaju karakteristike potrebne za trag detektore dobijene su pri sledećim uslovima:

- zapremina razlivene tečnosti: 20 l/kg,
- vreme rastvaranja: 24 h
- temperatura: 20°C,
- temperatura sušenja: 45°C
- vreme sušenja: 4 h,
- debljina folije: 100 μm

REGISTROVANJE FISIONIH TRGOVA

Izradjene folije su stavljene u direktni kontakt sa metom ^{235}U , koju lična REACTOR EXPERIMENTS proizvodi za merenje fluksa neutrona pomoću čvrstih trag detektora. Prema sertifikatu proizvodjača elektrolitički naneta količina ^{235}U iznosi $1,06 \cdot 10^{21}$ atoma/ m^2 . Ranija ispitivanja (1) su pokazala da naneti sloj ima zadovoljavajuću homogenost. Folije sa uranskom metom su ozračene integralnim flukskom termalnih neutrona od $2,52 \cdot 10^{12}$ n/ m^2 . Razvijanje svih ozračenih folija vršeno je u 20% rastvoru NaOH na temperaturi 60°C u trajanju od 45 min., pri čemu je srednja debljina skinutog sloja za Makrolon 2800 iznosila 7 μm , a za Makrolfol E 9 μm . Očitavanje broja tragova vršeno je optičkim mikroskopom proizvodnje ZEISS sa uvećanjem 500x. Pod istim uslovima vršeno je ozračivanje folija Makrofola E čije su detekcione karakteristike poznate (2).

Da bi se uporedile detekcione karakteristike folija izradjenih od Makrolona 2800 i Makrofola E odredjeni su:

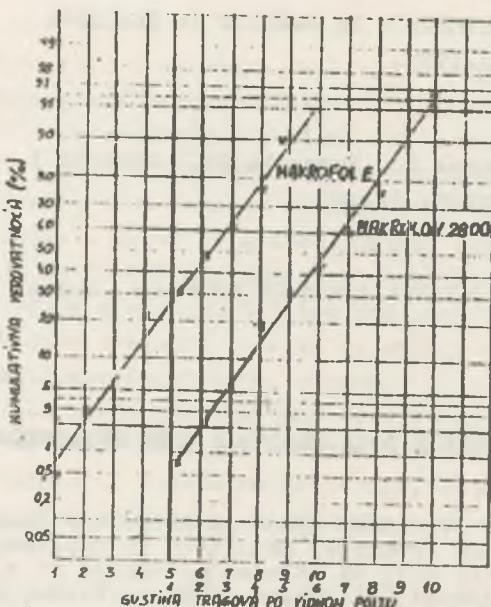
- homogenost raspodela gustine fisionih tragova po foliji,
- srednji broj tragova po m^2 .

Homogenost raspodele gustine fisionih tragova po folijama odredjena je preko kumulativne verovatnoće. Rezultati su prikazani na dijagramu 1.

Sa dijagraama se vidi da je raspodela gustine tragova po površini folije Makrolona 2800 slična raspodeli odredjenoj za Makrolfol E.

Efikasnost detekcije fisionih tragova za folije od Makrolona 2800 odredjena je uporedjivanjem srednjeg broja tragova izmerenog na 200 vidnih polja za deset proizvedenih folija, sa očekivanim brojem tragova dobijenih na osnovu uslova ozračivanja. Pri ovom proračunu uzeto je da je očekivana geometrijska efikasnost detekcije 98%. Za navedene uslove ozračivanja očekivana gustina tragova iznosila je: $1,45 \cdot 10^8$ tr/ m^2 .

U tabeli 1. prikazane su izmerene srednje gustine tragova i odgovarajuće efikasnosti detekcije za deset proizvedenih folija Mikrolona 2800.



S1.1. Kumulativna raspodela gustine fisionih tragova za Makrofol E i Makrolon 2800.

Tabela 1. Efikasnost detekcije polikarbonatnih folija Makrolona 2800.

Redni broj folije	Srednja gustina tragova po vidnom polju	Efikasnost detekcije (%)
1.	5,39	90,6
2.	6,05	101,2
3.	5,74	96,6
4.	5,74	96,6
5.	5,90	99,2
6.	5,58	93,8
7.	5,44	91,4
8.	5,31	89,2
9.	5,20	87,4
10.	6,06	101,8

ZAKLJUČAK

Izvršena ispitivanja na folijama izradjenim od Makrolona 2800 su pokazala da su:

- fizičke osobine folija zadovoljavajuće,
- gustina fisionih tragova pokorava se normalnoj raspodeli,
- srednja efikasnost detekcije fisionih tragova iznosi 94,8%.

Na osnovu ovoga može se zaključiti da se folije izradjene od Makrolona 2800 mogu da koriste kao polikarbonatni čvrsti trag detektori.

FISSION FRAGMENT DETECTION EFFICIENCY OF MAKROLON 2800 FOILS—This paper describes the procedure of producing Makrolon 2800 foils for radiation detection purposes. Some characteristics of the foils are compared with the commercial product Makrofol E. The results show that Makrolon 2800 foils can be used as a fission track detector.

REFERENCE

1. Veličković D., Mirić I., Vukčević M., Mirić P., Primena trag detektora za merenje fluksa i spektra neutrona, X Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Arandjelovac (1979), Zbornik radova, 285-293.
2. Jozefowicz, Energy threshold for neutron detection in a Makrofol dielectric track detector, Nucl. instr., and methods 93 (1971) 369-370.

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 08.-11.06.1987.

Vekić B., Ranogajec-Komor M., Korenika Dž., Dvornik I.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

Vrhovac A., Šojat V.

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

MJERENJE DOZA ZRAČENJA U SR HRVATSKOJ

Sažetak: Prikazani su rezultati mjerenja prirodnih doza gama zračenja na području SR Hrvatske. Rezultati su dobiveni pomoću tri vrste TL dozimetara koji su izlagani zračenju po mjesec dana, tokom 7 uzastopnih mjeseci (VII/86. - II/87.). Cernobilski akcident je bio neposredan povod za početak ovih mjerenja, načinjenih u suradnji Instituta "Ruđer Bošković" i Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske. Diskutiraju se kriteriji za izbor vrste TL dozimetara pogodnih za mjerenje niskih doza zračenja u okolišu.

Ključne riječi: TLD, prirodne doze zračenja, SR Hrvatska.

U V O D

Sve veća primjena izvora ionizirajućih zračenja (industrija, medicina, nauka, nuklearne elektrane, vojni programi) utječala je na razvoj novih, kao i na poboljšanje postojećih dozimetrijskih metoda za što preciznije mjerenje doza zračenja. Uz redovnu dozimetrijsku kontrolu osoba koje profesionalno rade s izvorima ionizirajućih zračenja, sve veća pažnja posvećuje se i točnom mjerenju, odnosno procjeni doza zračenja koje prima cijelokupno stanovništvo. Premda cijelokupnoj dozi stanovništva najviše pridonose prirodni izvori zračenja, posebnu pažnju i stručnjaka, i najviše javnosti, privlači još uvjek rastuća primjena nuklearnih elektrana. Tim više, jer je praksa pokazala da su mogući nesretni slučajevi u nuklearnim postrojenjima (Černobil, 1986., npr.), sa posljedicama i na vrlo velikim udaljenostima. A u takvim slučajevima neophodan je jednostavan, osjetljiv i pouzdan dozimetrijski sistem. Termoluminiscentni dozimetri potpuno zadovoljavaju navedene kriterije i najviše se upotrebljavaju za dozimetrijski monitoring okoliša.

Brojni i veliki rezultati višeg termina mjeritih dozimetara proizvedeni su i predloženi, ili već mjestočljeni za mjerjenje nivoa prirodnog zračenja u okolini, ili za mjerjenje eventualno povišenih doza zračenja u okolini nuklearnih elektrana. Međutim, u dozimetrijskom monitoringu okoliša neophodno je mjeriti vrlo niske doze zračenja, zbog čega se za svaki TLD sistem postavljaju specifični zahtjevi. Takav bi sistem, naime, morao mjeriti dodatne doze zračenja od 50-100 μGy godišnje, u prisutnosti desetak puta viših doza prirodnog zračenja. Zadatak još komplificiraju i varijacije prirodnih doza zračenja koje se mijenjaju u ovisnosti o geografskom položaju, godišnjem dobu, vremenu. Uz sve navedeno, doze zračenja u okolišu treba mjeriti tako da sveukupna greška mjerjenja bude manja od 30%. U brojnim nacionalnim i internacionalnim standardima, i u literaturi, načaze se kriteriji, detaljan opis kalibracije, testiranja i procedura, čijom primjenom se zadovoljava navedeni zahtjev (1,2,3).

Izlaganjem različitih TLD zračenju radionuklida niskih gama energija u laboratorijskim uvjetima (4), a zatim i u prostorijama u kojima se ti radionuklidi upotrebljavaju (5), sakupljeni su podaci o odgovoru TLD na niske energije gama zračenja. Detaljnim mjerjenjima pod identičnim uvjetima osjetljivosti, reproducibilnosti, linearnosti, samoozračenja, fadinga, svjetлом iniciranog fadinga, osjetljivosti na svjetlo različitih tipova TLD usporedivane su njihove prednosti ili nedostaci za mjerjenje niskih doza zračenja, između ostalog i u životnoj sredini (6,7,8). No, samo mjerjenje doza zračenja u okolišu (na nekoliko lokacija u Zagrebu) započeto je tek prvih dana Černobilskog akcidenta, kad je konstatiran zajednički interes Instituta "Ruđer Bošković" i Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske za ova mjerjenja. Meteorološka služba je, naime, zakonski obavezna da na meteorološkim stanicama mjeri i doze zračenja, što zbog nedostatka opreme nije bila u mogućnosti činiti. Kao što ni Institut "Ruđer Bošković", unatoč posjedovanju opreme, višegodišnjeg iskustva i želje, nije mogao osigurati distribuciju, postavljanje i čuvanje TLD na više prostorno udaljenih lokacija u SR Hrvatskoj. Tek zajednički interes i potreba da se prirodna doza zračenja zna, omogućio je da ova mjerjenja započnu. O prvim rezultatima informiramo ovdje.

Ukupno primjentalne metode

Podaci o vrsti TLD koji se koriste za mjerjenje prirodnih doza zračenja u SR Hrvatskoj, kao i o proizvođaču, termičkoj obradi prije izlaganja i tokom očitavanja dati su u tabeli 1. Tokom kalibracije, pomoću izvora ^{226}Ra , načinjena je rigorozna selekcija TLD, čime je osigurana ujednačenost svih dozimetara. Unatoč tome, svi dozimetri su pojedinačno kalibrirani u opsegu doza od 0-500 μGy , a kalibracija se ponavlja nakon svakog drugog očitavanja. Svi dozimetri se očitavaju pomoću čitača TOLEDO 654 ("Pitman").

Tabela 1. Podaci o vrsti TLD, proizvođaču, te termičkoj obradi prije izlaganja i tokom očitavanja

TL dozimetar	Proizvođač	Napuštanje ("annealing") temp. ($^{\circ}\text{C}$) vrijeme (min.)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$) i vrijeme (s) očitavanja a) predgrijanje b) očitavanje
$\text{CaF}_2 : \text{Mn}$	Inst."J.Stefan" Ljubljana	300 / 30	a) 160/15 b) 330/25
$\text{MgB}_4\text{O}_7 : \text{Dy}$	Inst."B.Kidrič" Vinča, Beograd		a) 100/15 b) 300/25
$\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$	Inst."B.Kidrič" Vinča, Beograd	600 / 60	a) 170/15 b) 330/25

Na svakom mjernom mjestu, u posebnoj plastičnoj kutiji, nalazi se 8 TLD, i to: 2 $\text{MgB}_4\text{O}_7:\text{Dy}$, 2 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, te 2 puta po 2 $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ postavljena međusobno pod pravim kutom. Po dva TLD (istog tipa) zajedno postavljeni su, zbog elektronske ravnoteže, u držać načinjen od gume. Plastična kutija je hermetički zatvorena u polietilenku foliju. Ovako upakirani TLD su postavljeni na meteorološkim stanicama na visini iznad 1 m (uglavnom 1,5 m), te na udaljenosti od zidova od najmanje 2 m. Svi dozimetri su izlagani točno mjesec dana, a transport do mesta izlaganja i natrag obavlja se autom i poštom.

Rezultati mjeranja

Rezultati mjeranja prirodnih doza zračenja u SR Hrvatskoj pomoću TLD, izlaganih po mjesec dana tokom 7 uzastopnih mjeseci na 24 lokacije, prikazani su u tabeli 2. Svaki prikazani rezultat je srednja vrijednost dobivena pomoću 3 vrste dozimetara, odnosno ukupno 8 TLD. Prosječna relativna greška prikazanih srednjih vrijednosti za svaki pojedinačni mjesec bila je između 15% i 19%, što potpuno zadovoljava zahtjeve međunarodnih standarda (1,2). Relativna greška srednjih vrijednosti na svim lokacijama tokom svakog uzastopnog mjeseca (Tabela 2) je također unutar naprijed navedenih granica. U tabeli 2. prikazane su i srednje vrijednosti i standardne devijacije izmjerene za svaku lokaciju tokom 7 mjeseci.

Tabela 2. Prirodne doze zračenja u SR Hrvatskoj izmjerene pomoću TLD tokom 7 uzastopnih mjeseci (μGy mjesечно)

Lokacija	Doze zračenja od VII/86. do II/87.							Srednja vrijednost
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Dubrovnik	98	82	81	100	91	87	74	89 ± 10
Lastovo	77	75	72	90	76	-	70	77 ± 7
Kardeljevo	82	80	78	88	81	89	86	83 ± 4
Split	90	85	78	80	77	81	93	83 ± 6
Šibenik	93	81	81	83	89	77	73	82 ± 7
Zadar	111	83	96	106	-	103	88	98 ± 11
Rab .	84	71	86	80	75	88	88	82 ± 7
Senj	80	75	-	94	85	77	72	81 ± 8
Mali Lošinj	88	-	-	88	92	80	89	87 ± 4
Pula	128	100	97	135	105	111	108	112 ± 14
Rijeka	116	110	111	130	107	122	108	115 ± 9
Pazin	126	110	99	93	99	104	96	104 ± 11
Knin	100	90	94	110	94	96	105	98 ± 7
Gospic	117	112	116	124	108	110	100	112 ± 8
Zavižan	134	102	-	-	-	126	110	118 ± 15
Parg	125	117	136	120	127	124	109	123 ± 9
Ogulin	130	127	115	154	126	127	107	127 ± 15
Plitvička jezera	153	128	132	155	143	137	120	138 ± 13
Karlovac	101	85	92	98	96	101	92	95 ± 8

lokacija	Vrijednost TLD/VII/100%							vrijednost
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Sisak	136	117	105	126	111	110	107	116 ± 11
Zagreb (Fleso)	98	99	111	101	117	104	110	106 ± 7
Zagreb (Košnica)	69	77	94	92	85	94	73	83 ± 11
Zagreb (Zaprešić)	93	123	108	96	100	115	100	105 ± 11
Zagreb (Grič)	89	93	101	95	112	103	104	100 ± 8
Zagreb (Maksimir)	106	100	120	-	109	113	102	108 ± 7
Zagreb-Funtjarka	78	74	88	81	88	83	84	82 ± 5
Varaždin	113	114	119.	120	104	107	106	112 ± 6
Bjelovar	126	127	125	133	119	123	103	122 ± 10
Daruvar	116	127	143	107	118	123	115	121 ± 12
Bilogora	99	95	99	100	111	97	92	99 ± 6
Slavonski Brod	106	86	110	101	92	119	95	101 ± 11
Vinkovci	101	120	125	130	114	127	123	120 ± 10
Gradište	107	115	122	113	117	117	119	116 ± 5
Osijek	128	124	115	120	118	109	87	114 ± 14
Srednja vrijednost svih lokacija	106 ± 20	100 ± 19	105 ± 18	108 ± 21	103 ± 16	105 ± 17	97 ± 15	103 ± 16

Uz prikazane rezultate nužno je dati nekoliko objašnjenja i komentara. Kao što je uz eksperimentalne metode rečeno, svi TLD su izlagani u gumenom omotaču, ali bez metalnih apsorbera koji bi kompenzirali visoku osjetljivost TLD na bazi CaF_2 i CaSO_4 na niskoenergetsko gama zračenje. Međutim, uz navedene TLD, bili su uvijek i TLD na bazi MgB_4O_7 , čija osjetljivost na niske energije nije značajno povišena, te bi se iz eventualno veće razlike u rezultatima očitavanja moglo zaključiti o prisustvu niskoenergetskih gama zraka. Kako je relativna greška svih očitavanja unutar preporučenih i prihvatljivih granica, korekcije očitavanja pomoću TLD na bazi CaF_2 i CaSO_4 nisu vršene. Ovo je razumljivije ako

Imamo u vidu činjenicu da je vrlo mala zastupljenost (ispod 6%) niskoenergetskog gama zračenja (ispod 100 keV) u prirodnoj sredini. Moramo međutim istaknuti da je tokom svakog očitavanja doza, vrijednost dobivena pomoću TLD na bazi MgB_4O_7 bila 5-10% niža u odnosu na ostale vrste izloženih TLD. Imajući u vidu ovu činjenicu, kao i nešto lošije mehaničke karakteristike TLD na bazi MgB_4O_7 (topljinost, osipanje), bilo je neophodno postaviti Cu-apsorber debljine 1,5 mm oko svih TLD. Od februara 1987. godine svi TLD, na svim lokacijama, imaju Cu-apsorber.

Uobičajeno je da se prirodne doze zračenja mjeru nakon tromjesečnog, polugodišnjeg (kao što je do sada na dijelu SR Hrvatske radeno (9)) ili čak jednogodišnjeg izlaganja. Kako su naša mjerena započeta 2 mjeseca nakon Černobilskog akcidenta, kad su doze zračenja u otvorenom prostoru bile znatno iznad normalnih, odlučeno je da se očitavanje vrši svaki mjesec. To je istovremeno pokušaj da se prate normalne promjene prirodnih doza zračenja. Za sada, nakon samo 7 mjeseci bilo bi preuranjeno bilo što zaključivati. Ipak skrećemo pažnju na posljednji red tabele 2., tj. srednje vrijednosti svih lokacija, koje unutar greške mjerjenja ne pokazuju očekivane promjene (opadanje doza).

Izbor dozimetara za ova mjerjenja bio je vrlo pažljiv i ponavljan je više puta, tako da je ujednačenost $MgB_4O_7:Dy$ TLD bila unutar granica od $\pm 15\%$, dok su $CaSO_4:Dy$ i $CaF_2:Mn$ TLD bili unutar granica od $\pm 7\%$. Dva gumena držača sa po dva $CaF_2:Mn$ TLD postavljena su međusobno pod pravim kutom na svim lokacijama, s ciljem ispitivanja osjetljivost TLD na kut upada gama zračenja. Rezultati očitavanja su pokazali praktički identične vrijednosti (unutar granica od $\pm 2\%$).

Na osnovu dosadašnjih mjerjenja može se zaključiti da svi TL dozimetri upotrebljeni u ovim mjerjenjima zadovoljavaju. Dovoljan broj kontrolnih dozimetara, izabranih i pripadajućih na identičan način kao i oni koji se izlažu, omogućuju da se odredi transportna doza i da se načine odgovarajuće korekcije. Za detaljniju analizu izmjerениh vrijednosti u ovisnosti o lokaciji (sastavu tla), nadmorskoj visini, godišnjem dobu i drugim uvjetima, potrebno je poznavanje točnih količina prirodnih radionuklida na svakoj lokaciji, kao i aktivnosti dugoživućih radionuklida dospjelih na ove lokacije zbog Černobilskog akcidenta. Budući da su i ova mjerena u toku, nadamo se da će detaljna analiza i bolje tumačenje izmjerениh i u tabeli 2. prikazanih doza zračenja uskoro biti moguća.

Abstract: The results of environmental gamma dose measurements in Croatia are shown. Environmental doses were measured each month using three types of TLD's placed at 34 locations during the period of seven months. The Chernobyl accident and its environmental consequences initiated this investigation made in collaboration between the "Rudjer Bošković" Institute and the Hydrometeorological Institute of Croatia. The criteria for the selection of TLD type suitable for environmental monitoring are discussed.

LITERATURA

1. PIESCH E., BURGKHARDT B.
A review of environmental monitoring using solid state dosimeters, and guidelines for technical procedures
Rad. Prot. Dos., 1983; 5 : 79-94
2. American National Standard Institute
American National Standard Performance, Testing and Procedural Specifications for Thermoluminescence Dosimetry (Environmental Application), ANSI; N 545, 1975.
3. UCHRIN G., RANOGLAJEC-KOMOR M.
Thermoluminescence dosimetry, u: Ionizing Radiation: Protection and Dosimetry, FAIĆ G., ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, u štampi
4. VEKIĆ B., RANOGLAJEC-KOMOR M., VLATKOVIĆ M., DVORNIK I.
Kalibracija TL dozimetara s radionuklidima koji se koriste u nuklearnoj medicini
Radiol. Jugosl., 1981; 15 : 417-420
5. RANOGLAJEC-KOMOR M., VEKIĆ B., DVORNIK I., KORENIKA DŽ., RUŠKA A., VLATKOVIĆ M., ŠVARCER V., FAZARINC F.
Mjerenje doza u prostorijama nuklearne medicine pomoću TLD
Radiol. Jugosl., 1983; 17 : 65-70
6. RANOGLAJEC-KOMOR M., SZABÓ P.P., VEKIĆ B., DVORNIK I.
Characteristics of some TLD's for low dose measurements
Proc. XI Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983; 183-188
7. RANOGLAJEC-KOMOR M., VEKIĆ B., DVORNIK I.
Comparison of some TLD's for low dose clinical measurements
A report to IAEA J. I TC-554, Vienna, 1985

8. VEKIĆ B., RANOGLAĆEC-KOMOR M., DVORNIK I. I SUR.
Komparativna analiza minimalnog odaziva različitih TL dozimetara
(mjerena u toku)
Zbornik radova XIII JDZZ, Pula, 1985; 369-373
9. CESAR D., NOVAKOVIĆ M., CEROVAC H., BAUMAN A.
Ekspozicijske doze izmjerene termoluminiscentnim dozimetrima
u SR Hrvatskoj
Zbornik radova XIII JDZZ, Pula, 1985; 33-36

KONTAMINACIJA OKOLJA V SR SLOVENIJI PO ČERNOBILSKI NESREČI

Dušan Brajnik, Matjaž Korun, Rafael Martinčič, Bogdan Pucelj
Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja v Ljubljani

Izvleček

V tem prispevku poročamo o vsebnosti nekaterih raioizotopov v zraku, deževnici in zemlji po jedrski nesreči v Černobilu. Z obstoječimi modeli izpiranja, usedanja in resuspenzije lahko zadovoljivo pojasnimo razmerja med koncentracijami posameznih radioizotopov v različnih medijih.

UVOD

Nesreča v jedrski elektrarni v Černobilu je tudi v SR Sloveniji povzročila radioaktivno onesnaženje okolja. Veter je iz Černobila v prvomajskih dneh leta 1986 zanesel v Slovenijo prek 30 radioizotopov. Meritve so pokazale, da je bila stopenja onesnaženja največja med 30. aprilom in 9. majem 1986 (1). V tem obdobju smo na Institutu "Jožef Stefan" med drugim izmerili tudi 28 filterov za določanje onesnaženja zraka, 10 vzorcev deževnice, 3 vzorce vazelina iz lovilcev useda in 3 vzorce zemlje. Vsi ti vzorci so bili odvzeti na lokaciji Instituta "Jožef Stefan", koncentracijo radioizotopov pa smo določili z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

MERITVE IN REZULTATI

Zrak

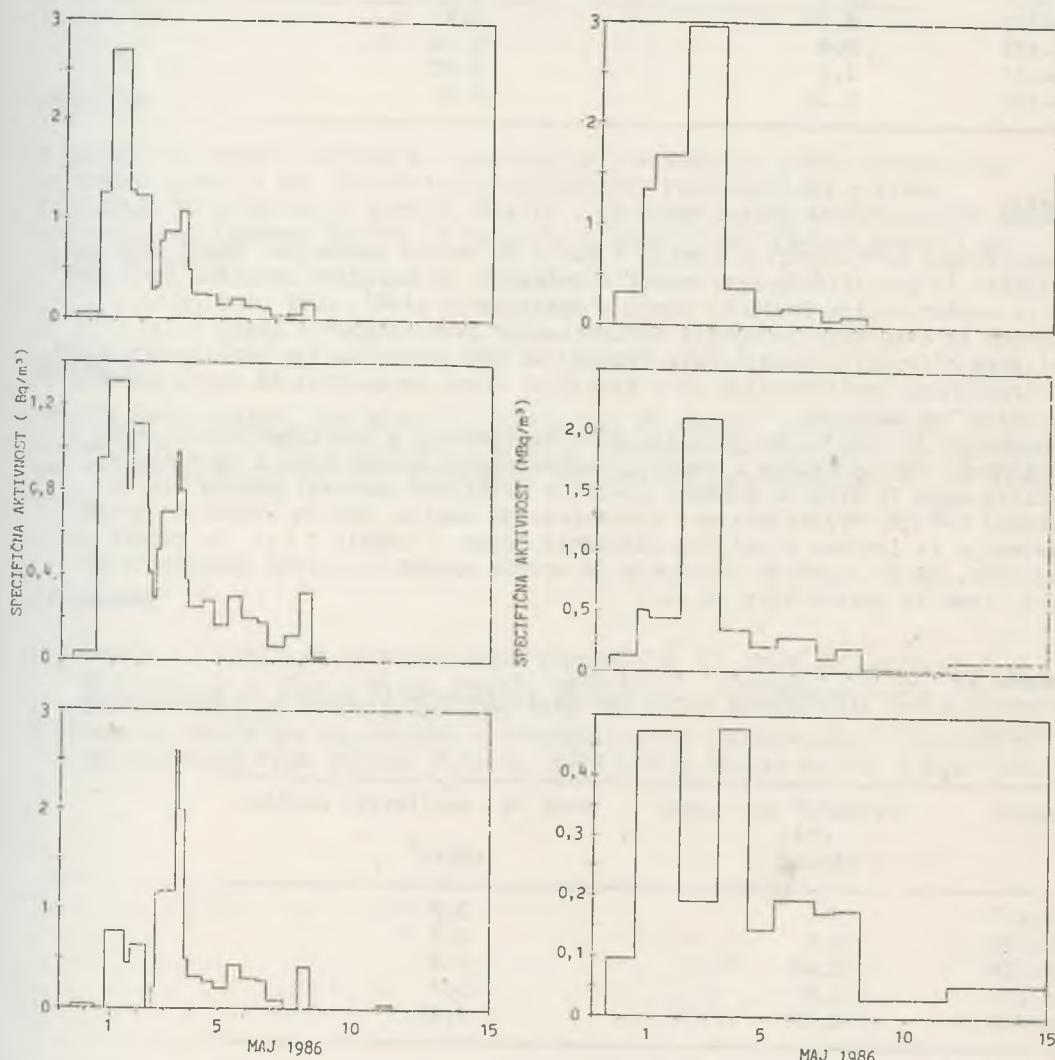
Koncentracije racioizotopov v zraku smo določali s pomočjo posebnih zračnih filterov, ki so sestavljeni iz aerosolnega in ogljeneča dela. Na ta način dosežemo, da se v filtru absorbira tako aerosolni kot tudi plinski jod. Taka konstrukcija filtra pa nam tudi omogoči ločeno določitev obeh vrst joda. Meritve so pokazale, da je bilo približno 20% I-131 vezanega na aerosole.

Časovni potek koncentracije radioizotopov v zraku kaže tri razločne maksimume in sicer dne 1., 3. in 8. maja. Na sliki 1 so prikazane tri toččne časovne odvisnosti (1). Radioizotopi z razočnim časom, dolgim v primerjavi z dolžino izposta, kažejo pocen občutljivost (Cs-134, Cs-137). Radioizotopi s krajšim razočnim časom kažejo manj izrazita maksima dne 3. in 8. maja. V to skupino spadajo Mo-99, Te-132 in I-131. Izotona Ba-140 in La-140 kaže manj izrazit maksimum dne 1. maja. Ta razlika kaže na različen način emisije izotopov v atmosfero, in (ali) pa na različen način transporta.

Po 8. maju je koncentracija radioizotopov v zraku močno padla. Onesnaženje zraka po tem datumu je verjetno posledica resuspenzije racioizotopov iz zemlje. Za izotopa I-131 in Ru-105 smo ocenili resuspensijska faktorja, ki sta definirana kot razmerje med specifično aktivnostjo izotopa v zraku in površinsko kontaminacijo na zemlji. Vrednosti $2 \cdot 10^{-6} / \text{m}$ in $10^{-5} / \text{m}$ se ujemata z navedbami v literaturi (2).

Deževnica

Izmerjene koncentracije v deževnici so približno trikrat večje kot izračunane iz koncentracij radioizotopov v zraku na površini zemlje in s hitrostjo izpiranja iz (2). V tabeli 1 je primerjava med časovnim integralom specifičnih aktivnosti v deževnici in časovnim integralom izpiranja kontaminacije iz zraka. V tej primerjavi smo predpostavili, da je padlo vsak dan 4 mm dežja in da je višina izpiranja atmosfere 2000 m. Razliko pojasnjujemo s tem, da je bila kontaminacija atmosfere večja v večjih višinah. Omenjeno razmerje pri koncentracij radioizotopov v deževnici (slika 2) se ne ujema s časovnim potekom kontaminacije zraka, kar je verjetno posledica dnevnega spremenjanja količine padavin in spremicanja aktivnosti z višino.



Sl. 1: Časovni potek specifične aktivnosti Te-132, Cs-134 in Ba-140 v zraku.

Sl. 2: Časovni potek specifične aktivnosti Te-132, Cs-134 in Ba-140 v deževnici.

Tabela 1.

Primerjava med časovnim integralom specifične aktivnosti deževnice in časovnim integralom izpiranja kontaminacije iz zraka.

Izotop	Časovni integral kontaminacije dežja	Časovni integral izpiranja kontaminacije iz zraka
	10^{12} Bq.s/m^3	10^{12} Bq.s/m^3
Mo-99	0.60	0.20
Ru-103	2.2	0.9
Ru-106	0.43	0.17
I -131	10.3	2.9
Te-132	8.66	2.8
Cs-134	0.6	0.20
Cs-137	1.3	0.40
Ba-140	0.20	0.21

Zemlja

Radioizotoni kontaminirajo zemljo s suhim in mokrim usedanjem. Mokri used smo določili iz specifičnih aktivnosti v deževnici in količine padavin, suhi used pa iz kontaminacije lovilcev useva – vazelinskih plošč. Suhi used lahko ocenimo iz časovnega integrala koncentracije radioizotopov v zraku in iz orivzete hitrosti usedanja (2). Primerjava med kontaminacijo vazelinskih plošč in izračunano kontaminacijo je v tabeli 2. Ocena in meritev se dobro ujemata za dolgožive izotope.

Kontaminacijo zemlje smo določili tudi neoosredno, z meritvami specifičnih aktivnosti radioizotonov v zemljji. Koncentracija le-teh pada z globino. V začetku maja je bila na globini 10-15 cm običajno osemkrat manjša kot na globini 0-5 cm. Primerjava med kontaminacijo zemlje, mokrim usecom in suhim usecom je za izotope z daljšim razpadnim časom v tabeli 3 (1). Iz tabele je razvidno, da je razmerje med suhim in mokrim usedom za večino radioizotopoov 12:1, raen za Ba-140 kjer je 6:1.

Tabela 2.

Primerjava med izračunanim suhim usedom in izmerjenim usedom na vazelinskih ploščah.

Izotop	Izračunan suhi used (*) kBq/m^2	Used na vazelinskih ploščah kBq/m^2
Ru-103	3.0	3.2
Ru-106	0.6	0.7
Cs-134	0.68	0.8
Cs-137	1.6	1.7
Ba-140	0.72	0.83

(*) izračunano po modelu iz (2)

Tabela 3.

Primerjava med kontaminacijo zemlje, mokrim in suhim usedom (1)

Izotop	Kontaminacija zemlje kBq/m ²	Mokri used kBq/m ²	Suhi used kBq/m ²
Ru-103	37	34	3.21
Ru-106	10.8	7	0.7
Cs-134	12.9	11	0.8
Cs-137	26.1	26	1.8
Ba-140	4.7	5	0.8

ZAKLJUČEK

Z obstoječimi modeli izniranja, usedanja in resuspenzije lahko zadovoljivo pojasnimo razmerja med koncentracijo osemih radionuklidov v zraku, deževnici, suhem usedu in zemljji. Razlik v časovnem poteku koncentracije in izpiranju med izotoom Ba-140 in ostalimi izotoci z obstoječimi podatki ne moremo pojasniti.

Abstract

In this contribution, the specific activities of several radioisotopes in air, rainwater and soil are discussed. Existing models of washout, dry deposition and resuspension can explain the ratios between the concentration in different media.

LITERATURA

- (1) Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jeurski katastrofi v Černobilu, SSSR, IJS delovno poročilo DP-4343, oktober 1986
- (2) Generic Models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Release, IAEA Safety series No.57, Vienna 1982

KONTAMINACIJA OKOLJA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI: NUKLEARNE EKSPLOZIJE - ČERNOBILSKA NESREČA

Bogdan Pucelj

Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja v Ljubljani

1. UVOD

Kontaminacija okolja z radioaktivnimi snovmi, ki je zajela večji del Evrope po nesreči na jedrskega reaktorja v Černobilu, je izjemno odmevala med prebivalstvom, sprožila pa je tudi vrsto reakcij upravnih organov. Manj pa je znano, da je do primerljivih kontaminacij okolja zaradi atmosferskih jedrske eksplozij prihajalo že v prejšnjih desetletjih. V nadaljevanju podajamo osnovne podatke o jedrske eksplozijah in primerjamo kontaminiranost našega okolja zaradi černobilske nesreče in jedrske eksplozije.

2. JEDRSKE EKSPLOZIJE

Prvo poskusno jedrsko eksplozijo so izvedle ZDA 16.7.1945 v zvezni državi New Mexico. Že v avgustu 1945 so jedrsko energijo uporabile v vojne namene in so z dvema bombama uničile japonski mesti Hirošimo in Nagasaki. Sledile so številne poskusne eksplozije vedno večjih moći, pri čemer se je ZDA pridružilo še pet držav (SZ 1.1949, Velika Britanija 1952, Francija 1. 1960, Kitajska 1. 1964 in Indija 1. 1974).

Jedrska orožja temeljijo na soroščanju energije pri cepitvi jeder urana ali plutonija (fisija) ali zlitja luhkih jeder (fuzija). Praviloma se fisija uporablja tudi za pridobivanje visoke temperature in pritiska, ki sta potrebni za fuzijo. Sproščeno energijo navajajo v obliki ekvivalenta trinitrotoluena (TNT). Tako 1 Mt ustreza energiji, ki se sprosti pri $1,45 \times 10^{26}$ razcepih ($4,41 \times 10^{15}$ J). Največjo jedrsko eksplozijo je 1. 1962 izvedla SZ in je ustreza energiji približno 58 Mt.

Poskusne jedrske eksplozije so nekatere države izvajale izključno na svojem ozemlju (SZ, Kitajska, Indija), druge na svojem ozemlju in izven njega (ZDA), nekatere pa samo izven njega (Velika Britanija, Francija). Z vidika kontaminacije okolja je pomembna tudi vrsta eksplozije (atmosferska (0-10 km), podzemna, višinska (nad 10 km), podvodna). Preizkušanje jedrske eksplozij je doživelno vrhunec v letih 1961/62, ko je bilo sproščeno kar 55 % celotne moći. Od 1. 1963 dalje so tri države (SZ, ZDA, Velika Britanija) sporazumno prenehale izzvajati nadzemne jedrske eksplozije. Osnovni podatki o jedrske eksplozijah so navedeni v tabeli 1.

Tabela 1: Podatki o nuklearnih eksplozijah

vrsta	: število	: energija (Mt)	: oonoba	: do 1.
atmosferske	: 446	: 545 (fisija 217):	0/10 km	: 1985
podzemne	: 979	: 80	: -5/-2040m	: 1985
višinske	: 13	: 5,74	: 10/480 km	: 1978
podvodne	: 6	: 0,09	: -30/-610 m	: 1978

Pri fisiskih jedrske eksplozijah nastane velika količina fisiskih produktov in nekaj aktivacijskih produktov zaradi aktivacije snovi v okolini. Fuzijska

eksplozija je načeloma čistejša - glavni delež aktivnosti predstavlja izotopa H-3 in C-14, ki ju spremljajo fisijski produkti iz vžigalnika.

Ognjena krogla, ki nastane ob eksploziji, se zaradi izjemno visokih temperatur dvigne v velike višine. Pri eksplozijah pod 100 kt radioaktivne snovi ostanejo v troposferi (ta sega ob ekvatorju do višine 17 km, ob polih pa do 9 km), pri eksplozijah večje moči pa pridejo tudi v stratosfero.

Radioaktivne snovi se v troposferi, kjer poteka večina vremenskih procesov, zadržujejo v povprečju do 30 dni. V tem času se znatno razpršijo v smereh gibanja vetrov, vendar pa predvsem v geografski širini, kjer je bila izvedena eksplozija. Z vidika izostavitev človeka je troposferski used pomemben zlasti za kratkožive izotope (I-131, Ba-140, Ru-103 in Zr/Nb-95).

Radioaktivne snovi, ki prodirajo v stratosfero, se tam zadržujejo dlje (tipično okrog enega leta) in se v tem času znatno razpršijo, tako da prispevajo k globalnemu usedu. Zrak severne in južne poloble se relativno malo meša, zato se okrog 80 % radioaktivnih snovi usede na tisti polobli, kjer je bila izvedena eksplozija. Stratosferski used je predstavljal glavnino globalne kontaminacije z dolgoživimi izotopimi (Sr-90, Cs-137, plutonijevi izotopi).

Manjše količine radioaktivnih snovi so prišle visoko v atmosfero (nad 50 km) ob poskusih na velikih višinah. Zadrževalni čas je približno 3 leta.

Porazdelitev radioaktivnih snovi po različnih plasteh močno zavisi od sproščene energije, od tega, ali je ognjena krogla prišla v stik s tlemi, pa tudi od vrste izotopa. Ocenjujejo, da je v dosedanjih poskusih 75 % radioaktivnih snovi prišlo v stratosfero, 10 % v troposfero, 3 % v velike višine, 12 % pa je kontaminiralo bližnjo okolico (do 100 km).

V tabeli 2 so za najoomembnejše izotope podani podatki o skupni aktivnosti, ki se je sprostila v okolje ob dosedanjih jedrskeh eksplozijah, naveden pa je tudi integralni deozit na geografski širini 40° do 50° N (kjer je prišlo do maksimalnega useda). Od dolgoživih izotopov sta najoomembnejša Sr-90 in Cs-137.

V tabeli 3 so podatki o integrirani koncentraciji radioaktivnih izotopov v zraku za vse obdobje nuklearnih eksplozij za geografsko širino 40° do 50° N.

V tem času je orihajalo tudi do kontaminacije hrane. Le-ta se je precej spremenjala s časom in je bila največja v l. 1964, kar predstavlja dvoletno zakasnitev za obdobjem najintenzivnejših jedrskeh eksplozij. Tako je na primer na Danskem znašala v tem letu povprečna vsebnost Cs-137 v prehrani 9 Bq/kg, v New Yorku pa za Sr-90 0,6 Bq/kg. Vsi dosedanji podatki so povzeti po (1) in (2).

3. PRIMERJAVA KONTAMINACIJE OKOLJA Z RADIOAKTIVNIMI SNOVMI ZARADI NUKLEARNIH EKSPLOZIJ IN ČERNOBILSKE NESREČE

Izpusti radioaktivnih izotopov iz uničenega černobilskega reaktorja so bili znatni. V tabeli 2 navajamo vrednosti, o katerih je poročala Sovjetska zveza (3). Primerjava pokaže, da so bili celotni izpusti iz černobilskega reaktorja v grobem od nekaj 10 krat za dolgožive izotope (25 krat za Cs-137, 75 krat za Sr-90) do nekaj 100 in 1000 krat za kratkožive izotope (J-131 2600 krat) nižji kot so bile sproščene aktivnosti ob jedrskeh eksplozijah. Do teh razlik prihaja v največji meri zaradi različnih razpolovnih dob izotopov, saj pri

jedrskem reaktorju po dolgotrajnem delovanju pride do nasičenja aktivnosti kratkoživih izotopov. Dodatno pa je razliko pri izpustu iz poškodovanega reaktorja poveča različna hlapnost posameznih izotopov.

Tabela 2: Izpuščene aktivnosti in integralni depozit
(nuklearne eksplozije/černobilska nesreča)

Izotop	$t_{1/2}$	izpust : EBq	depozit(kBq/m ²) : nukl.eks.: Černob.	depozit(kBq/m ²) : nukl.eks.: Černobil:	N:Ljubljana:
Sr-89	:	5,06 E+1	d : 9,1 E+1	: 8,1 E+1	: 2,1 E+1
Sr-90	:	2,86 E+1	l : 6,0 E-1	: 8,1 E+0	: 3,2 E+0
Zr-95	:	6,40 E+1	d : 1,4 E+2	: 1,4 E+2	: 4,0 E+1
Ru-103	:	3,93 E+1	d : 2,4 E+2	: 1,2 E+2	: 3,0 E+1
Ru-106	:	1,01 E+0	l : 1,2 E+1	: 5,9 E+1	: 2,4 E+1
I-131	:	8,02 E+0	d : 7,1 E+2	: 2,7 E+2	: 2,0 E+1
Cs-134	:	2,06 E+0	l : ?	: 1,8 E+1	: (8 E-2)
Cs-137	:	3,01 E+1	l : 9,1 E-1	: 3,7 E+1	: 5,2 E+0
Ba-140	:	1,28 E+1	d : 7,3 E+2	: 1,6 E+2	: 2,5 E+1
Ce-141	:	3,25 E+1	d : 2,5 E+2	: 1,0 E+2	: 2,2 E+1
Ce-144	:	2,85 E+2	d : 3,0 E+1	: 8,9 E+1	: 4,8 E+1
Pu-238	:	8,78 E+1	l : ?	: 3,0 E-2	: 1,5 E-3
Pu-239	:	2,41 E+4	l : 6,5 E-3	: 3,0 E-2	: 5,8 E-2
Pu-240	:	5,56 E+3	l : 4,4 E-3	: 4,0 E-2	: 1,6 E-3

Tabela 3: Integrirane koncentracije radioaktivnih izotopov v zraku

	At/V(Bq.s/m ³)		
Izotoo	:(nukl.eks.: Černobil :	:(40-50 N):Ljubljana) :	:
Sr-89	: 1,2 E+6	:	:
Sr-90	: 1,8 E+5	:	:
Ru-106	: 1,8 E+6	: 3,0 E+5	:
I-131	:	: 6,7 E+6	:
Cs-137	: 2,9 E+5	: 7,8 E+5	:
Ba-140	: 1,4 E+6	: 3,6 E+5	:
Ce-144	: 2,7 E+6	:	:
Pu-238	: 8,2 E+1	: 1,5 E+0	:
Pu-239/240	: 3,2 E+3	: 2,5 E+0	:

Kontaminacija okolja z radioaktivnimi snovmi zaradi černobilske nesreče je bila v SR Sloveniji podrobno spremljana (4). Osnovni podatki o celotnem dešpozitu v Ljubljani so v tabeli 2. Očitno je, da je kontaminacija primerljiva s tisto zaradi nuklearnih eksplozij. Pri nekaterih izotopih je černobilski used večji od celotnega prejšnjega (Cs-137 5 krat, I-131 6 krat), pri drugih pa manjši (Sr-90 8 krat, Pu-239/240 36 krat). Podobno velja tudi za integrirane koncentracije radioaktivnih izotopov v zraku (tabela 3). Te so bile v maju 1986 za Cs-137 2,6 krat večje kot prej, za I-131 ni podatka za nuklearne eksplozije, za Pu-239/240 pa so bile černobilske koncentracije približno 1000 krat nižje.

Kljub številnim podobnostim med kontaminacijama iz obeh virov pa je mogoče ugotoviti tudi precej razlik. Povzemamo najpomembnejše.

Kontaminacija iz Černobila se je pojavila v naših krajih v dokaj ostro omejenem obdobju, saj je do večine depozita prišlo v približno desetih dneh. Pri nuklearnih eksploijah se je to dogajalo nekaj desetletij, čeprav so bila znatna nihanja med posameznimi obdobji. Večji del depozita zaradi nuklearnih eksplozij izvira iz stratosfere, zato je bilo globalno odlaganje počasnejše, kazalo pa je tudi manj krajevnih fluktuacij. Obnašanje zračne kontaminacije iz Černobila je bilo podobno tistemu pri nuklearnih eksplozijah majhnih moči (5), ko se snovi gibljejo predvsem v smereh prevladujočih vetrov in prihaja zaradi izpiranja s padavinami do velikih lokalnih variacij depozita. Meritve so pokazale, da je bil po černobilski nesreči zadrževalni čas snovi v troposferi približno 7 dni (5). Zaradi tega so bili v tem primeru pomembni tudi nekateri kratkoživi izotopi ($Te-132$, $I-131$), ki ob nuklearnih eksplozijah zaradi dolgih zadrževalnih časov večinoma razpadajo že v atmosferi.

Precejšnjo razliko lahko pričakujemo tudi pri časovnem poteku kontaminiranosti hrane. Pri pojavu radioaktivnih snovi v ozračju je za kontaminacijo hrane in krme najpomembnejše neoosredno usledanje na izpostavljenje pridelke (foliarni depozit), medtem ko je vnos iz zemlje skozi korenine bistveno nižji. Zato je bila kontaminiranost nekaterih živil po černobilski nesreči sicer dramatična, vendar relativno kratkotrajna (velikostni red enega meseca). Po drugi strani pa je ob nuklearnih eksplozijah prihajalo do depozita in s tem do kontaminiranosti hrane še precej časa po eksploziji. Tako so v ZR Nemčiji po vrsti eksplozij ob koncu 60 let ugotovili, da je razpolovni čas $Cs137$ v dieti približno eno leto, kar odraža hitrost odlaganja radioaktivnih snovi iz ozračja (6).

ABSTRACT

The comparison of environmental radioactive contamination following nuclear test explosions and the reactor accident in Chernobyl was made. Although there are wide local variations of the Chernobyl fallout in Slovenia it is generally comparable to that of the nuclear explosions.

LITERATURA

- (1) Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. UNSCEAR 1982, New York
- (2) Exposures Resulting from Nuclear Weapons Test Explosions and Military fuel cycle. UNSCEAR 1986 (draft, Vienna 1985)
- (3) The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences. IAEA Experts Meeting, 25-29 August 1986, Vienna
- (4) Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu. IJS delovno poročilo DP-4343, oktober 1986
- (5) R.S.Cambray et al: Nucl Energy 26, 77(1987)
- (6) C.O.Ontead et al. Science 137, 508(1962)

OCENA DOZ PREBIVALSTVA SR SLOVENIJE PO JEDRSKI NESREČI V ČERNOBILU

Miran Kanduč

Milko Križman

Borut Kuhar, Alenka Jeršič

Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu

Abstract

Annual effective equivalent doses to the population of the SR Slovenia are estimated for adults and infants according to the average values of specific activities of the radionuclides during 1986.

Assuming the population was following the recommendations and safety measures as prescribed by the public authorities, annual effective equivalent dose to infants is less than 0,75 mSv and 0,5 mSv for adults.

Critical assesment of factors influencing the doses to population is also given.

1.0. Uvod

Preliminarne ocene doz sevanja so bile opravljene že v prvem mesecu ocenjevanja posledic jedrske nesreče (1) in so služile pripravi jugoslovenskih normativov za mejne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-134/Cs-137 v živilih. Vendar teh normativov Zvezni komite za delo, zdravstvo in socialno varstvo ni nikoli sprejel.

Prvi izračuni so bili izredno konzervativni saj so morali upoštevati obstoječe modele za izračun specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz prehrambene verige. Kasnejše meritve so pokazale, da vsi obstoječi modeli ne

ustrezajo, saj po eni strani ni bilo mogoče uporabiti akcidentnega modela, ki bolj velja za bližino jedrskega reaktorja, kakor tudi ne modele, ki se uporablajo za oceno prenosnih koeficientov pri normalnem delovanju (stalni izpusti) jedrskeih reaktorjev. Glavna slabost vseh modelov je predvsem to, da upoštevajo stacionarno stanje, stanje po jedrski nesreči pa je bilo s stališča spremeljanja prenosnih koeficientov izredno dinamično.

2.0. Osnovne predpostavke

Pri izračunu efektivnih ekvivalentnih doz sevanja smo upoštevali:

- a) dejansko izmerjene vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklidov za ves čas spremeljanja posledic
- b) statistične podatke o prehrani prebivalstva SRS (2)
- c) fiziološke parametre (poraba vode, količina vdihanega zraka) iz publikacije ICRP 23 (3)
- d) konverzijske faktorje za doze sevanja iz publikacij (47 (5), ki bazirajo na priporočilih ICRP 2,6,20,26,30 in 31
- e) ocene doz so bile izključno narejene za odrasle in otroke do 1.leta starosti.

3.0. Rezultati

Upoštevali smo naslednje načine izpostavljenosti sevanju:

- a) zunanje obsevanje zaradi površinske kontaminacije in kontaminacije zraka
- b) inhalacija kratkoživih radionuklidov
- c) ingestija.

Pri izračunu doz sevanja smo za mesec maj, deloma tudi junij 1986 upoštevali doze zaradi prisotnosti J-131, za kasnejše obdobje pa samo Cs-134, Cs-137 in Sr-89/90. Vseh ostalih radionuklidov nismo upoštevali, ker doprinesejo k celokupni letni efektivni ekvivalentni dozi zelo malo (nekaj %).

Poleg tega smo upoštevali najosnovnejša živila kot so voda, mleko, meso (goveje) in zelenjava. Za izračun doz smo upoštevali povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti v teh živilih za posamezni mesec.

Celokupna letna efektivna ekvivalentna doza za odraslega človeka znaša:

$$H_{E,50} = \underline{1,04 \text{ mSv}}$$

Če upoštevamo, da se je velika večina ljudi držala ukrepov in navodil predvsem glede gibanja na prostem (v prvih dneh) in omejitev uživanja zelenjave kontaminirane z J-131 znaša letna efektivna ekvivalentna doza:

$$H_{E,50} = \underline{1,21 \text{ mSv}}$$

Celokupna letna efektivna ekvivalentna doza sevanja za otroke do 1.leta starosti znaša:

$$H_{E,50} = \underline{1,21 \text{ mSv}}$$

Če upoštevamo, da so se otroci držali ukrepov in navodil predvsem glede omejitev gibanja na prostem (v prvih dneh), omejitev uživanja zelenjave kontaminirane z J.131 in priporočil uživanja mleka v prahu znaša letna efektivna ekvivalentna doza:

$$H_{E,50} = \underline{0,75 \text{ mSv}}$$

4.0. Zaključki

Dodatne doze sevanja, ki jih je prebivalstvo SR Slovenije prejelo v letu 1986 in naslednjih letih so velikostnega reda 0,5 mSv/leto - 0,75 mSv/leto kar predstavlja v primerjavi z že dosedaj prejetimi dozami iz naravnih virov sevanja 2 mSv/leto, le neznatno povečaneje.

Največji doprinos k dozi predstavljata Cs-134 in Cs-137, ki sta bila v začetku v razmerju 1:2, na koncu leta 1986 pa v razmerju 1:2,5. Na podlagi tega in konverzijskih faktorjev ocenujemo njun delež na koncu leta 1986 1:0,56 (Cs-137/Cs-134), (velja za ingestijo).

Zaradi relativno dolge razpolovne dobe Cs-134 (2,06 let) ocenujemo, da bo prispevek Cs-134 šele po 10 letih neznaten, tako da bodo prejete doze padle na 2/3 vrednosti iz leta 1986. V nadaljnjih 20 letih se bodo doze sevanja le počasi zmanjševale, saj znaša razpolovna doba Cs-137 30 let. Iz izkušenj dosedanjega spremeljanja kontaminacije v letih 1960-1980 vemo, da so se koncentracije v hrani le počasi zmanjševale, in sicer so v 20 letih padle na 5-10% začetnih vrednosti.

Pri izračunu efektivnih ekvivalentnih doz sevanja prebivalstva je potrebno doze, skladno s filozofijo ICRP čim realnejše oceniti. Pri tem pa preveč pozabljamo na to kateri parametri največ vplivajo na točnost oziroma realnost ocen.

Da bi zgotovili čim bolj tem zahtevam je potrebno:

- a) definirati enotni računski model
- b) definirati vzorec prehrane prebivalstva za posamezna področja (ki mora biti reprezentativen za določeno populacijo, povezan mora biti s področji kjer je bistvena proizvodnja hrane in živil oziroma se morajo upoštevati tudi področja kjer so maksimalne vrednosti površinske kontaminacije)
- c) narediti se mora občutljivostna analiza računskega modela na posamezne vhodne parametre in skladno z rezultati te analize vplivati na izbiro vrste in pogostosti odvezanja vzorcev oziroma je potrebno parametre, ki imajo največji vpliv čim bolj precizno definirati
- d) poznati jedrsko tehnologijo in v zvezi z njo možnosti za vrsto, količine in kemične oblike radionuklidov, ki se lahko sprostijo v okolje.

Ena največjih neznank je prav gotovo prehrana prebivalstva saj je v zvezi s tem potrebno upoštevati tudi sledeče:

- a) premik prehranjevanja v smeri kruha, testenin,krompirja, perutnine ipd. zaradi nižjega življenskega standarda
- b) v vsaki republiki in pokrajini se prehranjuje prebivalstvo tudi s hrano, ki izhaja iz drugih področij oziroma je iz uvoza
- c) precizirati vzorec prehrane za določeno obdobje, ne pa slepo uporabljati povprečne letne podatke.

5.0. Literatura

- 1) M.Kanduč, M.Križman, Preliminarna ocena prebivalstva SR Slovenije zaradi černobilske nesreče, ZVD SRS, maj 1986
- 2) Inštitut za ekonomske raziskave; Ocena življenskih stroškov po tipih gospodinjstev, Ljubljana 1977
- 3) Standard Reference Man,
ICRP 23
- 4) Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radio-nuklidverbindungen - odrasli ISH - Heft 63, April 1985
- 5) Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radio-nuklidverbindungen - otroci do 1.leta, ISH - Herft 78, April 1985.

XIV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Novi Sad, 8.-11.06.1987.

PROCJENA KONTAMINACIJE PODRUČJA SR HRVATSKE PUTEM RADIO-AKTIVNIH OBORINA KAO POSLJEDICA NESREĆE U NE "LENIN"

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

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb
*Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Sažetak: U ovom radu prikazan je stupanj radioaktivne kontaminacije područja SR Hrvatske uzrokovani akcidentom u NE "Lenin". Rezultati su prikazani kao suma mjerene aktivnosti radionuklida $^{103}\text{-Ru}$, $^{131}\text{-I}$, $^{132}\text{-Te-J}$, $^{134}\text{-Cs}$, $^{137}\text{-Cs}$ i $^{140}\text{-Ba-La}$. Na temelju mjerene i procjenjene vrijednosti izradjene su karte radioaktivne kontaminacije područja SR Hrvatske uzrokovane padanjem radioaktivnih oborina u periodu od 28.4.-20.5.1986. godine.

UVOD

Nakon havarije četvrtog reaktora u NE "Lenin" u Černobilu (SSSR), došlo je do otpuštanja velike količine radionuklida (prema Sovjetskim podacima $1,85 \times 10^8$ Bq bez plemenitih plinova preračunato na 6.05.1986.) koji su atmosferskim strujanjima raspršeni nad većim dijelom sjeverne hemisfere. "Ispiranjem" atmosfere oborinama i procesom suhog taloženja čestica, glavnina oslobođenih radionuklida je dospjela na površinu Zemlje (vodene površine, tlo, vegetaciju, gradjevine - u daljnjem tekstu podlogu).

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

METODE uzorkovanja i mjeranja

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

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



Karta br. 1

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

U Tablici 2 prikazani su svi radionuklidi (β i γ emiteri) koje smo registrirali i njihov postotni udio u uzorku oborine od 4.05.1986. Vidljivo je da radionuklidi koji u ovom radu nisu sustavno obradjeni i uzeti u procjenu nivoa radioaktivne kontaminacije područja SR Hrvatske čine manje od 10% ukupne radioaktivnosti oborine. Radioaktivnost kratkoživućih radionuklida (103-Ru, 131-I, 132-Te-J i ~~140~~-Ba-La) preračunata je na datum uzorkovanja, dok radioaktivnost dugoživućih (134-Cs i 137-Cs) nije korigirana.

REZULTATI MJERENJA i procjena nivoa radioaktivne kontaminacije podloge

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

TABLICA 1.

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

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

TABLICA 2.

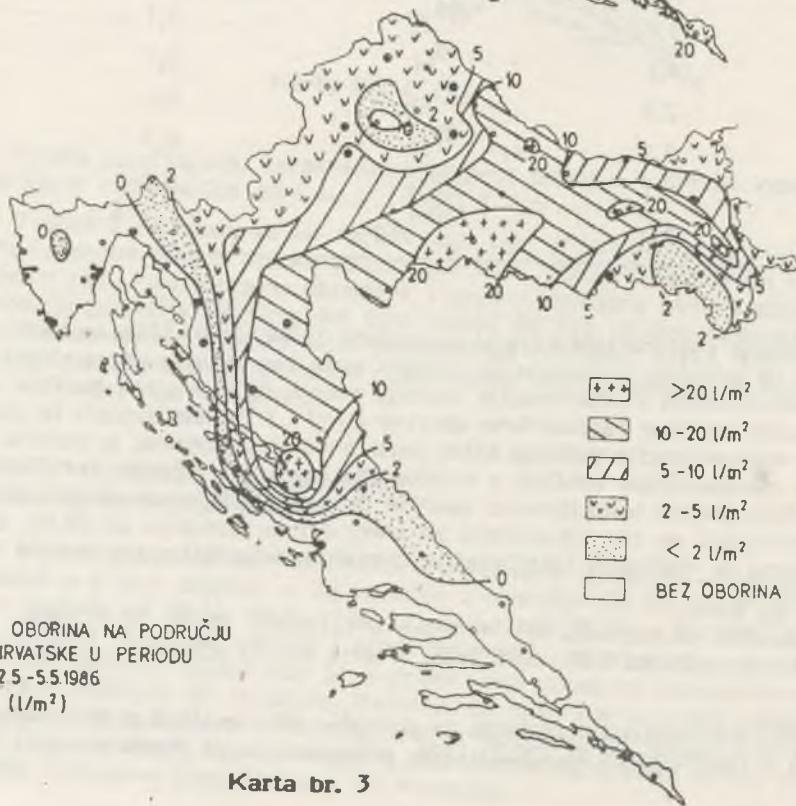
Radionuklid	%	Radionuklid	%
^{131}J	36,3	^{141}Ce	1,4
$^{132}\text{Te}-^{132}\text{I}$	35,7	^{144}Ce	0,9
^{103}Ru	11,8	^{95}Zr	0,7
^{137}Cs	4,1	^3H	0,5
^{99}Mo	2,7	^{125}Sb	0,4
^{106}Ru	2,2	^{89}Sr	0,3
$^{140}\text{Ba}-^{140}\text{La}$	2,1	^{90}Sr	0,1
^{134}Cs	2,0	^{110m}Ag	2×10^{-2}

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

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

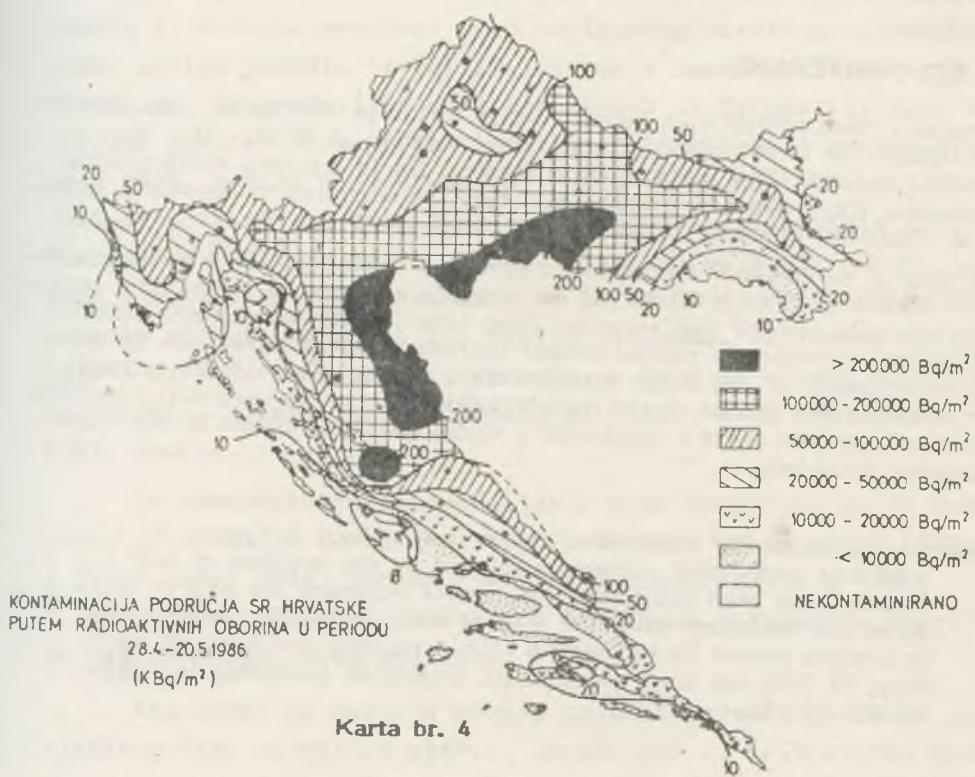
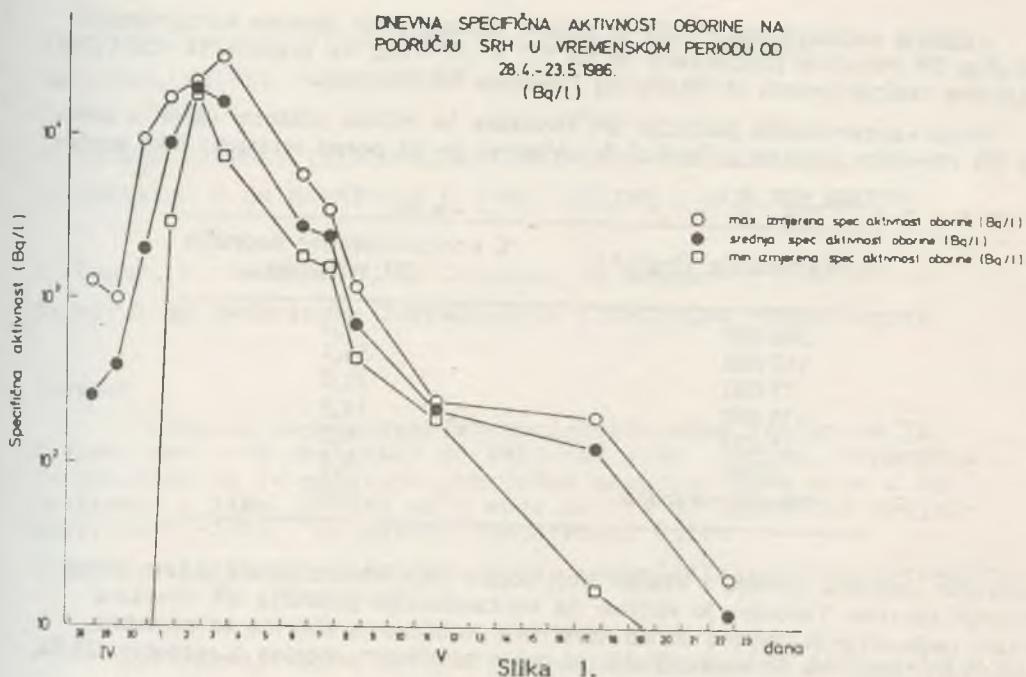
Ukupne vrijednosti kontaminacije podloge na području SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina u razdoblju 28.04.-20.05.1986. prikazane su na Karti br. 4.

KOLIČINE OBORINA NA PODRUČJU
SR HRVATSKE U PERIODU
28.4.-20.5.1986
(l/m²)



KOLIČINE OBORINA NA PODRUČJU
SR HRVATSKE U PERIODU
25.-5.5.1986
(l/m²)

DNEVNA SPECIFIČNA AKTIVNOST OBORINE NA
PODRUČJU SRH U VREMENSKOM PERIODU OD
28.4.-23.5.1986.
(Bq/l)



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

Nivoi kontaminacije područja SR Hrvatske te njihovi postotni udjeli u površini SR Hrvatske dani su u Tablici 3. Vidljivo je da pored relativno jako kontaminirovanih područja postoje i krajevi koji uopće nisu kontaminirani putem radioaktivnih oborina. Također je vidljivo da kontaminacija područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina dobro korelira s količinama oborina za razdoblje 2.05.-5.05.1986, dok je korelacija s ukupnom količinom oborina u razdoblju 28.04.-20.05.1986. daleko manje izražena.

TABLICA 3.

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

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

ZAKLJUČCI I PREPORUKE

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

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

Summary: In this paper, the radioactive contamination level in Croatia by means of radioactive rainwaters, caused by the accident in NPP "Lenin", has been described. The results represent the sum of measured and evaluated data, the map of the radioactive contamination in Croatia caused by radioactive rainwaters between April, 28 to May, 20 1986 has been constructed. Keywords: contamination, rainwater, Croatia.

XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

USPOREDBA EKSPozICIJSKIH DOZA IZMJERENIH TERMOLUMINISCENTNIM
DOZIMETRIMA U SR HRVATSKOJ U 1986. GODINI I RANIJIH GODINA

D. Cesar, M. Novaković, H. Cerovac, A. Bauman
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Sažetak

U radu su usporedjene ekspozicijske doze izmjerene TL dozimetrima u SR Hrvatskoj od 1982. do 1986. godine. Usporedba je pokazala da je godišnja prosječna ekspozicijska doza u SR Hrvatskoj u 1986. godini bila veća za 15% od prosječne vrijednosti 1982.-1985., na razini značajnosti 0,1%.

Ključne riječi: ekspozicijska doza, termoluminiscentni dozimetri, "Černobil".

Kod određivanja opterećenja ljudi zračenjem jedan od faktora je ekspozicijska doza kojom su ti ljudi bili ozračeni od izvora iz životne sredine. Kvar nuklearnog reaktora u Černobilu 1986. godine pobudio je veliki interes i nametnuo potrebu da se odredi dio ekspozicijske doze porijeklom iz Černobila. Ovim radom želi se pokazati koliki je bio utjecaj "Černobila" na ekspozicijsku dozu 1986. godine u SR Hrvatskoj. U tu svrhu upotrebljeni su podaci ekspozicijskih doza izmjerena termoluminiscentnim (TL) dozimetrima od 1982. do 1986. godine. U obradu su uzeti podaci izmjereni u općinskim centrima, iako za pojedina područja SR Hrvatske postoje podaci izmjereni i u manjim mjestima. Od ukupno šesnaest mjesta za koja takvi podaci postoje, a koji su u radu korišteni za trinaest mjesta postoje podaci od 1982., a za tri mjesta od 1983. godine.

Za određivanje ekspozicijskih doza korišteni su TL dozimetri proizvodnje Victoreen, tip TL-13 "Hot press chip" ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) i čitač model 2800. Baždarenje čitača provedeno je s ^{60}Co , ^{137}Cs i ^{226}Ra . Zamjena dozimetara i njihovo očitavanje obavljano je dva do četiri puta godišnje.

Kao osnov za daljnju obradu upotrebljene su godišnje ekspozicijske doze pojedinih mesta. Izračunate su aritmetičke sredine

D i standardne devijacije s ekspozicijskih doza za svako mjesto od 1982. do 1985. godine i usporedjene s ekspozicijskom dozom d u 1986. godini. Kao mjera za usporedjivanje korištena je vrijednost

$$T = \frac{d - D}{S}$$

Izračunat je i postotak razlike

$$P = \frac{d - D}{D} \cdot 100$$

Rezultati te usporedbe prikazani su u tablici 1.

Tablica 1 : Rezultati usporedbe godišnje ekspozicijske doze u 1986. i srednjih vrijednosti 1982.-1985. za općinska mjesta u SR Hrvatskoj

Oznaka mjesta	T	P%
1.	1,2	20
2.	1,0	10
3.	1,2	17
4.	1,7	16
5.	0,2	6
6.	0,7	19
7.	1,6	20
8.	2,6	32
9.	3,8	39
10.	2,0	12
11.	1,8	27
12.	1,4	14
13.	2,4	12
14.	3,9	18
15.	0,1	1
16.	7,7	27

Za mjesta za koja je vrijednost T veća ili jednaka 2 znači da je ekspozicijska doza u 1986. godini bila značajno veća od prosječne ekspozicijske doze 1982.-1985. na razini značajnosti 5%, a postotak p pokazuje koliko je to povećanje bilo. Iz podataka u tablici 1 vidljivo je da je značajno povećanje bilo u šest mjesta SR Hrvatske (oznaka mesta 8,9,10,13,14,16), a postotak povećanja za tih šest mjesta se kreće od 12% do 39%.

Iz godišnjih ekspozicijskih doza pojedinih mesta izračunate su aritmetične sredine i standardne devijacije za svaku godinu kao i aritmetička sredina i standardna devijacija za razdoblje 1982.-1985. Tako izračunate aritmetičke sredine mogu se smatrati prosječnim godišnjim ekspozicijskim dozama sa SR Hrvatsku. Na tako dobivenim vrijednostima proveden je Studentov t-test, a izračunati su i postoci povećanja ekspozicijske doze u 1986. godini u odnosu na ranije godine i prosječnu vrijednost 1982.-1985. Rezultati ove obrade prikazani su u tablici 2.

Tablica 2 : Rezultati testiranja godišnje prosječne ekspozicijske doze u 1986. u SR Hrvatskoj u odnosu na ranije godine

Godine	P(t)	p%
1986.-1982.	manje od 0,1%	17
1986.-1983.	manje od 2,0%	13
1986.-1984.	manje od 0,1%	23
1986.-1985.	manje od 5,0%	6
1986.- (1982.-85.)	manje od 0,1%	15

Podaci u tablici 2 pokazuju da je povećanje prosječne godišnje ekspozicijske doze u 1986. godini značajno u odnosu na predhodne godine i to na razini značajnosti od 0,1% do 5%, a da se to povećanje kreće od 6% do 23%, kako za koju godinu.

Zaključak:

1. Prosječna godišnja ekspozicijska doza u SR Hrvatskoj bila je veća u 1986. godini za 15% u odnosu na ranije godine na razini značajnosti 0,1%.
2. Prosječne godišnje ekspozicijske doze pojedinih mesta u SR Hrvatskoj nisu se u svim mjestima povećale značajno u odnosu na ranije godine. U šest od šesnaest mesta je povećanje značajno na razini značajnosti 5%, a iznosilo je izmedju 12% i 39%.

Abstract:

COMPARISON THE YEARLY RATE OF EXPOSURE DETERMINED BY TLD IN CROATIA DURING 1986 AND PREVIOUS YEARS

Comparison between the yearly rate of exposure determined by TL dosimeters in Croatia during the period 1982 - 1986 showed that the mean value for 1986 was 15 % higher than during 1982 - 1985, at the 0.1 % significance level.

Key words: rate of exposure, thermoluminescent dosimeters, "Chernobyl".

Literatura:

1. Ed.J.Harley: EML Procedures Manual, HASL-300(1972.) i revizija (1981.)
2. Phillips,C.R.,AECB. INFO-0087 (1982)
3. Garbies,S.G.,Attix,F.H.,Pfaff,J.A.,Inter.Journ.Appl.Rad.Isot 18 (1967) 625.
4. Burgkhardt,B.,Herrera,R.,Piesch,E.,Nucl.Inst.Meth.137 (1976.)
41

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

NOVI SAD, OD 08-11 JUNA 1987 GODINE

SHAIP FAZLIU, HILMI MORINA I FLORENT REČICA

OOUR "ELEKTROPRIVREDA KOSOVA" - PRIŠTINA

- RO DISPANZER MEDICINE RADA -

JAČINE EKSPozICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA NA ČITAVOJ TERITORIJI
SAP KOSOVO IZMERENE POSLE ČERNOBILJSKOG NUKLEARNOG AKSIDENTA

UVOD

Merenja na terenu otvočeli smo tek 20 maja 1986 godine pa sve do kraja iste godine. Merena je jačina ekspozicionih doza gamma zračenja na više mesta svih opština SAP Kosovo i ustanovljeno je da se jačina doze mnogo razlikuje iz jednog u drugo mesto. U ovom radu prikazujemo tabelarno i grafički dobivene rezultate za svaki mesec, za svaku opštinu, kao i rezultate za celu teritoriju Kosova po mesecima od maja do decembra.

METODOLOGIJA RADA

Merenja jačine ekspozicionih doza na terenu obavili smo Monitorom gama - zračenja tipa "BANDELIN ELECTRONIC mm3" Zapadno-nemačke proizvodnje, koji ima tri linearne mernu opsega počev od 0 mikrorentgena na čas /uR/h/ do 5 milirentgena na čas/mR/h/. Merenja smo izvršili na određena mesta i to u visini od 1,5 metara od površine zemlje i na površini zemlje. Sabiranjem maksimalnih vrednosti jačine ekspozicionih doza i deljenjem sa brojem meseca našli smo srednju maksimalnu vrednost za svaku opštinu i za svaki mesec.

Na tabeli I mogu videti rezultati merenja jačina ekspozicionih doza za period od 20maja pa do 31.decembra 1986 godine po mesecima za sve opštine SAP Kosovo. Konstatacija je da je vrednost doza različita na različitim mestima, naprimjer doze koje smo svakodnevno merili pri DMR /7 km od Prištine/ umnogome se razlikuju od doza na nekim mestima iste opštine, a da ne govorimo o razlici doza u različitim opštinama.

Najveće doze smo izmerili u okolini Podujeva/5,64 pA/kg/ u toku maja meseca, a pri DMR koji je samo oko 26 km daleko od

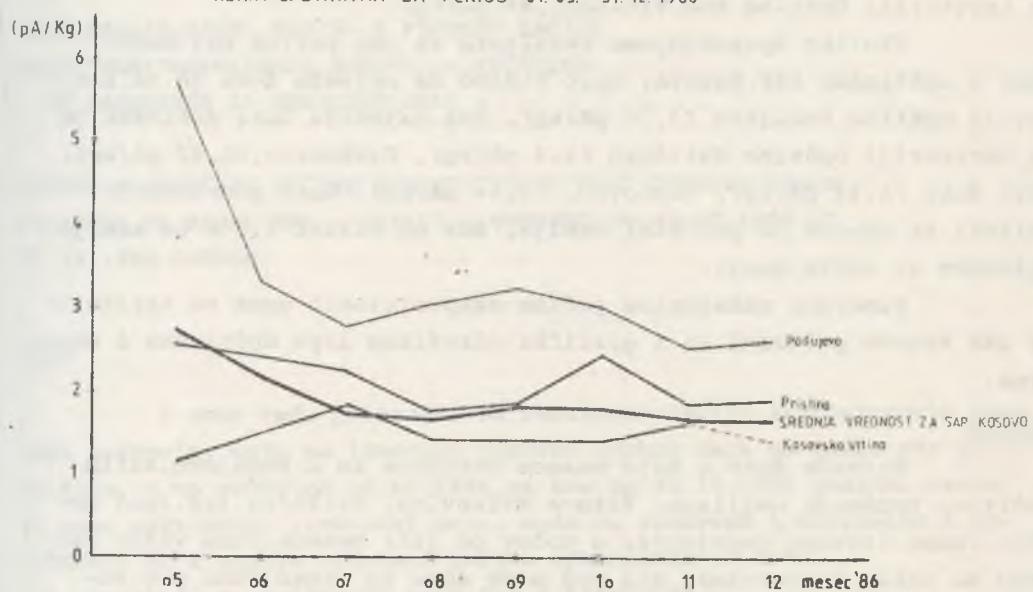
TABELA 1 JАЧИНЕ ЕКСПОЗИЦИОНИХ ДОЗА ГАМА-ЗРАЧЕЊА ПО МЕСЕЦИМА И ОПШТИНАМА ЗА ПЕРИОД 01.05.-31.12. '86

R Br	Opština	Br mјеста	Мар '86		Јун '86		Јул '86		Август '86		Септембар '86		Октоб. '86		Новем. '86		Декем. '86		05-12 '86		
			МАКСИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ЕКСПОЗИЦИОНИХ ДОЗА ГАМА-ЗРАЧЕЊА У РА/Кг																		
			V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	
1. Pristina	80	2.07	2.56	1.88	2.45	1.61	1.89	1.37	1.73	1.74	1.89	2.18	2.47	1.51	1.79	1.62	1.73	1.15	2.06		
2. Podujevo	55	4.75	5.64	2.55	3.33	2.38	2.76	2.54	3.67	2.53	3.17	2.42	3.05	2.18	2.54	2.10	2.61	2.68	3.36		
3. Vučitrn	7	2.63	2.88	2.12	2.48	1.76	1.98								1.58	2.02			2.02	2.34	
4. Tijova Mitrovica	19	2.28	2.57	1.79	2.90	1.75	2.18			0.86	0.58	1.66	1.73	1.58	1.80	1.98	1.80	1.75	2.13		
5. Leposavić	4	1.87	2.45	1.80	1.90	1.19	1.48												1.62	1.96	
6. Glogovac	6	1.98	2.41	1.69	2.12	1.55	1.26												1.74	2.10	
7. Srbica	8	1.87	2.33			1.44	1.80	1.66	2.45						1.61	1.82			1.64	2.10	
8. Klina	4			1.58	1.80	1.33	1.37	1.15	1.30										1.35	1.49	
9. Istoč	9			1.73	1.85	1.73	2.04	1.51	1.80						1.66	1.80	1.37	1.30	1.59	1.74	
10. Peć	10			1.15	2.23	1.51	1.66	1.08	1.37	1.51	1.58	1.15	1.58	1.37	1.51	1.33	1.37	1.36	1.61		
11. Dečane	5			2.23	2.59	1.58	1.94	1.80	1.87						1.66	2.23	2.02	2.90	1.86	2.14	
12. Đakovica	8			1.26	1.58	1.27	1.37	1.13	1.37	1.32	1.32	1.37	1.44						1.28	1.42	
13. Orahovac	3			1.66	1.58	1.51	1.30												1.60	1.44	
14. Prizren	12				1.74	1.79			1.30	1.37	1.44	1.87	1.37	1.51	1.58	1.51	1.12	1.51	1.42	1.60	
15. Dragas	8			1.66	1.87			1.51	1.44	1.30	1.58	1.37	1.58	2.02	1.44	1.66	1.66	1.46	1.60		
16. Suva Reka	2			1.33	1.44														1.33	1.44	
17. Lipljane	3			1.33	1.58			1.22	1.37										1.28	1.48	
18. Uroševac	14	2.30	3.13	1.55	1.69	1.58	1.62	1.75	1.97					1.30	1.51	1.54	1.87	1.15	1.30	1.62	1.87
19. Kačanik	2			1.15	1.58														1.12	1.37	
20. Kosovska Vitija	7	1.49	1.22			1.44	1.87	1.37	1.44					1.30	1.44	1.80	1.94			1.44	1.58
21. Gnjilane	12	2.23	2.83	2.59	2.74	1.87	2.05	1.50	1.94	1.22	1.66					1.48	1.58	1.87	2.02	1.83	2.16
22. Kosov. Kamenica	11	1.66	1.76	2.02	3.17	1.69	1.73	1.44	1.37	2.30	2.10	1.66	2.23	1.58	1.73	1.69	1.73	1.75	2.00		
23. Mališevo	2					1.22	1.30	1.0								1.22	1.30			1.24	1.30
Srednja vrednost za svaku mesec 1986 g.			2.28	2.71	1.76	2.14	1.58	1.79	1.50	1.73	1.68	1.86	1.58	1.86	1.63	1.79	1.55	1.69	1.60	1.84	

V - Na visini 15 m od zemlje

GRAFIKON - 1

JAČINE EKSPozИCИОНИХ DOZA GAMA-ZRAЧENJA PO MESECIMA U NEKИM OPШTINAMA ZA PERIOD 01.05.- 31.12.1986



Podujeva /vazdušna linija/, one iznose za isti mesec /2,44 pA/kg/. U toku maja meseca najmanja jačina ekspozicione doze izmerena je na teritoriji Opštine Kos.Vitine /1,44 pA/kg/.

Ukoliko uporedujemo rezultate za ceo period maj-decembar u opštinama SAP Kosova, opet vidimo da najveća doza je na teritoriji opštine Podujevo /3,36 pA/kg/, dok najmanja doza dobivena je na teritoriji Opštine Mališevo /1,3 pA/kg/, Gjakovica /1,42 pA/kg/, Suva Reka /1,44 pA/kg/, Orahovac, /1,44 pA/kg/. Gore pomenuti rezultati se odnose na površini zemlje, dok na visini 1,5 m od zemlje uglavnom su nešto manji.

Izmerene maksimalne jačine ekspozicionih doza na teritoriji SAP Kosovo prikazni su i grafički /Grafikon 1/po opštinama i mesecima.

REZIME

Najveće doze u maju mesecu dobivene su u Podujevo, zatim Vučitrn, Uroševač, Gnjilane, Titova Mitrovica, Priština itd. Juna meseca imamo izvesno smanjenje, a počev od jula meseca, doze vidno opadaju sa nekim izuzetcima, ali još uvek doze su iznad fona pre nuklearnog aksidenta u Černobilju. Nakon Černobiljskog aksidenta praksu je pokazala da merenja treba izvršiti na što većim mestima i po mogućnosti istim tipom monitora.

ABSTRACT

The XIV Yugoslavian symposium of protectoin from radiation
Novi Sad, 08.11.June 1987 .

Shaip Fazliu, Hilmi Morina, Florent Reqica.

"THE INTENSITIES OF EXPOSURE DOSES TO GAMMA RADIATION:
- AT THE HOLE TERRITORY OF SAP KOSOVO,MEASURED AFTER
THE CHERNOBYL NUCLEAR ACCIDENT".

After the Chernobyl nuclear accident there are been done the mesurings of the intensities of the exposure doses to Gamma radiation through the territorial communities of SAP Kosovo and that was at the soil surface and at 1,5 m. from the soil surface. The results were shown chartly and graphically for the period of May - December 1986 for every communituy and finally for all territory of SAP Kosovo.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
NOVI SAD, OD 08.11 JUNA 1987 GODINE

ŠAIP FAZLIU, HILMI MORINA I FLORENT RAČICA
SOUR "ELEKTROPRIVREDA KOSOVA" - PRIŠTINA
- RO DISPANZER ZA MEDICINU RADA -

DNEVNE MAKSIMALNE JAČINE EKSPozICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA
IZMERENE NA PARKU DMR - OBILIĆ U VREMENU OD 01.05.1986 DO
31.12.1986 GODINE.

UVOD

U ovom radu prikazani su rezultati jačine ekspozicionih doza gama zračenja, koje su izmerene redovno svakog dana na Parku DMP u Obiliću, i to počev od 01.05.1986 pa sve do 31.12.1986 godine. Uzete su samo maksimalne vrednosti doza, mada su izmerene i minimalne i izračunate su i srednje vrednosti jačina ekspozicionih doza. Ovi rezultati su prikazani grafički i tabelarno.

METODOLOGIJA RADA

Jačine ekspozicionih doza gama-zračenja izmerene su monitorom gama zračenja tipa "Bandelin electronic mm3"-Zapadno-nemačke proizvodnje, koji ima tri lenearna merna opsega od 0 mikrorentgena na čas / μ R/h/ pa do 5 milirentgena na čas /mR/h/. Doze smo merili u visini grudi odnosno 1,5 metara od površine zemlje svakih 2 sata do 20 maja a posle svakog dana. Vrednosti doza su izražena numerički u Si-jedinicama tj. pA/kg.

Ovaj rad sadrži dnevne maksimalne ekspozicione doze po mesecima, počev od 01.maja pa do 31.decembra 1986 godine. Takvi rezultati su dati u tabeli I.

Iz ovog tabelarnog pregleda vidimo da su najveće doze izmerene u toku maja meseca i to 3 maja /3,65 pA/kg/ i 5 maja 1986/3,59 pA/kg/. Od 6.05. imamo sporo opadanje doza do 12.05. 2,79/. Dana 13 imamo veće opadanje /2,40/ a posle toga vrednost doza skoro konstantno opada, tako da 31.05.87 ona iznosi /1,72/. Ovako opadanje nastavlja se i juna meseca, do 10, kada vrednost jačine doze iznosi/1,65 pA/kg.

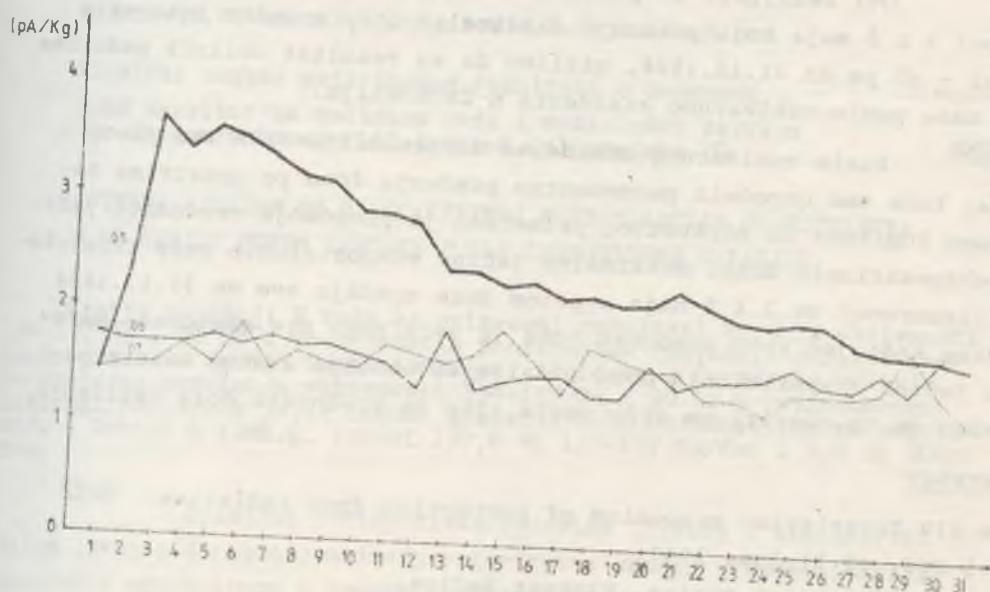
TABELA 1

DNEVNE JAČINE EKSPOZICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA ZA PERIOD
01.05. - 31.12. '86

Datum	Maj '86	Juni '86	Juli '86	Aug '86	Sep. '86	Okt. '86	Nov. '86	Dec. '86
	MAKSIMALNE VREDNOSTI EKSPOZICIONIH DOZA GAMA ZRAČENJA U $\mu\text{R}/\text{kg}$							
1.	1.40	1.76	1.44	1.51	1.44	1.51	1.51	1.44
2.	2.36	1.72	1.51	1.51	1.24	1.44	1.51	1.51
3.	1.65	1.72	1.51	1.58	1.44	1.36	1.51	1.29
4.	3.40	1.72	1.29	1.58	1.29	1.44	1.44	1.44
5.	3.59	1.80	1.51	1.51	1.29	1.44	1.22	1.44
6.	3.50	1.72	1.87	1.29	1.44	1.51	1.44	1.44
7.	3.36	1.80	1.44	1.44	1.44	1.65	1.44	1.44
8.	3.18	1.72	1.65	1.44	1.58	1.51	1.51	1.58
9.	3.15	1.22	1.58	1.36	1.44	1.36	1.58	1.36
10.	2.89	1.65	1.51	1.36	1.80	1.29	1.58	1.44
11.	2.89	1.58	1.72	1.22	1.44	1.44	1.36	1.51
12.	2.79	1.36	1.65	1.44	1.51	1.51	1.44	1.44
13.	2.40	1.87	1.58	1.58	1.44	1.72	1.51	1.51
14.	2.42	1.36	1.72	1.44	1.44	1.58	1.36	1.44
15.	2.28	1.42	1.87	1.29	1.44	1.51	1.51	1.44
16.	2.31	1.51	1.65	1.36	1.44	1.65	1.44	1.51
17.	2.18	1.51	1.44	1.44	1.44	1.51	1.58	1.44
18.	2.21	1.36	1.44	1.65	1.29	1.51	1.44	1.51
19.	2.16	1.36	1.80	1.51	1.36	1.58	1.65	1.36
20.	2.16	1.65	1.65	1.80	1.36	1.65	1.44	1.36
21.	2.28	1.44	1.58	1.44	1.36	1.58	1.58	1.51
22.	2.16	1.51	1.58	1.67	1.36	1.80	1.51	1.51
23.	2.07	1.51	1.44	1.51	1.51	1.29	1.44	1.36
24.	2.01	1.54	1.94	1.51	1.65	1.58	1.44	1.29
25.	2.01	1.65	1.22	1.44	1.44	1.51	1.36	1.22
26.	2.01	1.51	1.44	1.51	1.51	1.44	1.44	1.72
27.	1.87	1.44	1.44	1.51	1.51	1.29	1.29	1.58
28.	1.72	1.65	1.44	1.51	1.51	1.94	1.51	1.44
29.	1.80	1.44	1.80	1.44	1.51	1.36	1.44	1.44
30.	1.80	1.87	1.44	1.51	1.51	1.36	1.51	1.29
31.	1.72		1.22	1.44		1.22		1.22
	2.44	1.60	1.56	1.47	1.45	1.50	1.46	1.44

GRAFIKON - 1

DNEVNE JAČINE EKSPOZICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA
ZA PERIOD 01. 05. - 31. 07. 1986



Vrednosti doze u ostalim mesecima prosečno se kreću u granicama 1,60 do 1,44 pA/kg.

Ovi rezultati su prikazani i grafički /vidi grafikon br.1/ Pikovi 3 i 5 maja koji pokazuju maksimalne doze u celom intervalu od 01 - 05 pa do 31.12.1986, mislimo da su rezultat obilnih padavina tih dana posle nuklearnog aksidenta u Černobilju.

REZIME Posle nuklearnog aksidenta u Černobilju-SSSR već prvog maja, kada smo otpočeli permanentno praćenje fona po upustvima Saveznog komiteta za zdravstvo, primećeno je povećanje vrednosti jačine ekspozicionih doza. Maksimalne jačine ekspozicionih doza zabeležene /izmerene/ su 3 i 5 maja a potom doze opadaju sve do 31.12.1986 godine kada još uvek vrednost fona je veća nego pre aksidenta. Mereњe jačine ekspozicionih doza i dalje se obavlja svakog dana, a potrebno je to obaviti na više mesta, jer se vrednosti doza razlikuju.

ABSTRACT

The XIV Yugoslavian symposium of protection from radiation.

Novi Sad, 08.11.June 1987.

Shaip Fazliu, Hilmorina, Florent Rečica.

DAILY MAXIMAL INTENSITIES OF THE EXPOSURE DOSES TO GAMMA RADIATION MEASURED AT THE PARK OF THE OCCUPATIONAL MEDICINE DISPANSERY OBILIĆ IN THE PERIOD OF TIME FROM 01.05.86 TILL 31.12.86.

Immediately after the nuclear accident at Chernobyl, by the command and instructions of Federational Committee for health, they approached to the measuring of intensities of the exposure doses and that was at the period of time from 01.05.86 till 31.05.86 every two /2/ hours, and after that it was measured every day. The obtained results of the daily maximal intensities of the exposure doses were shown chartly and graphically.

XIV.Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja ,Novi Sad,
8-11.juna 1987.god.

R.Brnović,M.Vukotić,Lj.Mijatović,D.Hajdušović

Klinički centar medicinskog fakulteta u Beogradu
OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karađović" Beograd,Deligradska 29

INTERNA IZLOŽENOST RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI STANOVNIŠTVA U SR SRBIJI PUTEM ISHRANE POSLE ČERNOBILSKE HAVARIJE

Kratak sadržaj: U radu se prikazani rezultati merenja aktivnosti $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u prehrambenim proizvodima (povrće, mleko, voće, meso, žitarice) u Srbiji tokom 1986.god. Akcident u Černobilu uslovio je značajna povećanja aktivnosti $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u prehrambenom ciklusu. Procenjeno je, da dnevno unošenje ovih radionuklida za populaciju u Srbiji u 1986.g. iznosi 137,6 Bq $^{134+137}\text{Cs}/\text{dan}$ i 3,0 Bq $^{90}\text{Sr}/\text{dan}$.

Uvod

Primarne radioaktivne padavine (čvrste i atmosferski talog) svojom depozicijom imaju prioritetni značaj u kontaminaciji sezonskih agrokultura i drugih prehrambenih proizvoda.

Obzirom na aktuelnost interne kontaminacije ljudskog organizma, cezijum $^{134+137}$ i stroncijum 90 (dugoživeći fisioni produkti hemijski i metabolički analozi kalijumu i kalcijumu)postavilo bi se razmatranje sldeće kategorije podataka:sadržaj $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u prehrambenim proizvodima, podaci o ishrani i faktori transfera ^{137}Cs i ^{90}Sr iz životne sredine do čoveka.

U našim ranijim radovima (1,2,3,4) detaljno su istraženi faktori prelaza za ^{90}Sr i ^{137}Cs u ekološkim sistemima:zemljишte-biljka, mleko-stočna hrana, životinjski organizam(mlad ili odrasli)-stočna hrana, ishrana-čovek, za šire geografsko područje Srbije i Vojvodine. Takođe su za poslednjih 20 godina procenjene vrednosti dnevnog i godišnjeg unošenja ^{90}Sr i ^{137}Cs za populaciju Srbije.

Černobilske radioaktivne padavine uslovile su značajna radioaktivna zagadjenja životne sredine u našoj zemlji i u cilju ispitivanja interne kontaminacije stanovnika Srbije izvršena su opsežna merenja $^{137+134}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u prehrambenim proizvodima pojedinih regiona u Srbiji i Vojvodini.

Rezultati i diskusija

Vršena su ispitivanja aktivnosti $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u uzorcima svežeg povrća, žitarica, mleka, mesa i drugih prehrabnenih proizvoda u regionima Beograda, Niša, Zaječara, Čačka, Titovog Užica, Kruševca, Novog Sada i Subotice, počev od maja meseca do kraja 1986. god. po redovnom i vanrednom programu delatnosti Instituta u sprovođenju mera zaštite od ionizujućeg zračenja.

Na osnovu rezultata merenja velikog broja uzoraka prehrabnenih proizvoda prikazane su u Tabeli 1. srednje godišnje vrednosti za aktivnost ^{90}Sr i $^{137+134}\text{Cs}$ u namirnicama reprezentativnim za ljudsku ishranu.

TAB.1. $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u uzorcima hrane u Srbiji u 1986.

R.br	Vrsta uzorka	Broj uzor.	$^{134+137}\text{Cs} (\text{Bq/kg})$	$^{90}\text{Sr} (\text{Bq/kg})$
1.	Sveže povrće	(62)	83,3	3,8
2.	Mleko	(83)	45,9	1,5
3.	Mlečni proizvodi	(16)	148,8	5,4
4.	Voće	(47)	83,8	1,1
5.	Meso	(26)	196,2	3,7
6.	Hleb	(8)	164,0	1,1
7.	Krompir	(7)	14,5	0,2

Korišćenjem rezultata merenja $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr u prehrabnenim proizvodima i podataka o jugoslovenskoj strukturi ishrane, izvršena je procena dnevnog unošenja ovih radionuklida za populaciju Srbije.

U Tabeli 2. prikazano je srednje dnevno unošenje ^{137}Cs i ^{90}Sr u organizam stanovnika Srbije za prethodni vremenski period počev od 1964.godine, kao i za 1986.godinu kada je konstatovano značajno povećanje radioaktivnosti u životnoj sredini naše zemlje nakon havarije u Černobilu.

Rezultati naših ispitivanja o unošenju radionuklida $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr putem ishrane za populaciju u Srbiji u 1986.god. pokazuju značajno povećani nivo interne kontaminacije u odnosu na prethodni višegodišnji vremenski period.

TAB.2. Srednje dnevno unošenje ^{137}Cs i ^{90}Sr u organizam stanovnika Srbije

Godina	^{137}Cs (Bq/dan)	^{90}Sr (Bq/dan)
1964	3,65	0,751
1965	2,20	0,548
1970	0,912	0,647
1980	-	0,340
1986	137,6 ($^{134+137}\text{Cs}$)	3,000

Ovo povećanje se naročito odnosi na $^{134+137}\text{Cs}$, a za ^{90}Sr može se reći da je u znatno manjem stepenu povećao internu kontaminaciju organizma . Međutim, rezultati takođe pokazuju da se i kontaminiranost prehrambenih proizvoda sa $^{134+137}\text{Cs}$ i ^{90}Sr i dnevno unošenje ovih radionuklida za populaciju u Srbiji , nalaze u okvirima normi koje je nakon Černobilskog udesa propisala Svetska zdravstvena organizacija.

Zaključak

Rezultati naših višegodišnjih ispitivanja ^{137}Cs i ^{90}Sr u ciklusu ishrane i interne kontaminacije čoveka ,kao i rezultati mereњa ovih radionuklida nakon Černobilske havarije ,pokazuju postojanje dugotrajne kontaminacije ljudskog organizma ovim izotopima koja je tokom poslednjih 20 godina imala stagnantne i uglavnom niske nivoe.

Zštita populacije od radioaktivnog zagajdenja životne sredine postavljena u okvirima novijih koncepcija (preporuke ICRP Publ. no 26,no 27,1977), zasniva se na principima određivanja individualne i kolektivne doze i proceni radijacionog rizika za određenu populaciju u datim uslovima.

Ova kompleksna ispitivanja različitih parametara životne sredine i populacije za pprocenu doze zračenja i radijacionog rizika, u novonastalim uslovima posle Černobilskog akcidenta, potrebno je izvršiti pomoću odgovarajućih matematičkih modela.

XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Novi Sad , 8. - 11. juni 1987 godine

ODNOSI NEKIH BIOLOŠKI ZNAČAJNIH RADIONUKLIDA U MESU

Djurić,G.* , Popović,D. ** , Petrović,B. *

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

** Katedra za fiziku, Veterinarski fakultet, Beograd

A p s t r a k t . Rezultati se odnose na sadržaj ^{131}J , ^{134}Cs , ^{103}Ru u svinjskom, junećem, jagnjećem mesu i mesu kunića u periodu posle nuklearne nesreće u Černobilu, 1986 godine. Najmanji sadržaj navedenih radionuklida nadjen je u svinjskom mesu. U junećem mesu i mesu kunića sadržaj radionuklida je istog reda veličine, a u jagnjećem i za dva reda veličine veći. Značajna korelacija utvrđena je samo izmedju ^{137}Cs i ^{134}Cs (2:1) i izmedju ^{106}Ru i ^{103}Ru (4:1).

UVOD . Pri razmatranju puteva prenošenja prirodnih i proizvedenih radionuklida od izvora zračenja do čoveka, značajnu kariku u lancu čine namirnice životinjskog porekla, među njima i meso^(1,5). Od trenutka dospevanja fisionih produkata u životnu sredinu, ovi veoma brzo dospevaju u organizam životinje , a zatim se deponuju u mesu. Pri tome sadržaj radionuklida u mesu zavisi od više fizičkih i bioloških parametara : unete kolicine radionuklida, fizičkog perioda poluraspada, perioda eliminacije, metabolizma, vrste i starosti životinje, načina ishrane i dr.⁽³⁾. U periodu pre nuklearne nesreće u Černobilu, od fisionih produkata u mesu je bio prisutan samo ^{137}Cs , čiji se sadržaj, zavisno od mnogih parametara, kretao u granicama ispod 1Bq/kg.⁽²⁾ Posle Černobila, u mesu su nadjeni i drugi biološki značajni radionuklidi iz smeše fisionih produkata, pri čemu je metabolizam nekih ^{106}Ru na primer, još uvek nedovoljno ispitana.

MATERIJAL I METODA . Uzorci mesa potiču iz više evropskih zemalja u periodu neposredno posle nuklearne nesreće u Černobilu (maj - juni 1986 godine) i nešto kasnije (novembar - decembar 1986 godine). Uzorci su mereni u nativnom stanju, u PVC cilindričnoj posudi, mase 200 g, Ø 9 cm. Sadržaj radionuklida određivan je na Ge(Li) detektoru (ORTEC, USA) i 4096 kanalnom analizatoru (ND-100).

Energetska kalibracija izvršena je tačkastim etalonim izvorom ^{152}Eu (ET 75220-EGMA3) za opseg energija 121,78 - 1408,03 keV. Efikasnost za datu geometriju merenja i vrstu uzorka određena je preko "sekundarnog etalona" za čvrste nosioce radionuklida (juneće meso u nativnom stanju, kontaminirano rastvorom $^{152},^{154}\text{Eu}$, zapreminska aktivnost 130 Bq/l)⁽⁴⁾. Greška merenja u srednjem nije prelazila 15%.

REZULTATI I DISKUSIJA . Rezultati određivanja sadržaja ^{131}J , $^{134},^{137}\text{Cs}$, $^{103},^{106}\text{Ru}$ u uzorcima svinjskog, junećeg, jagnjećeg i mesa kunića, u periodu maj-juni i novembar-decembar 1986 godine, prikazani su na sl.1 i sl.1a, respektivno. Sadržaj radionuklida dat je u relativnim jedinicama u odnosu na svinjsko meso, u kom je sadržaj ^{131}J , ^{134}Cs i ^{137}Cs u periodu maj-juni, bio najmanji. Sadržaj ovih radionuklida u juncem mesu i mesu kunića iz istog perioda, bio je 2 - 6 puta veći, a u jagnjećem mesu veći čak i za faktor 10^2 , što se obzirom na način ishrane životinja u ovom periodu moglo i očekivati. Sadržaj ^{103}Ru i ^{106}Ru nalazio se u relativno uskom opsegu, nezavisno od vrste mesa, izuzev u slučaju jagnjećeg mesa, koje je imalo nešto veći sadržaj ^{103}Ru .

U mesu iz perioda novembar-decembar 1986 godine, najmanji sadržaj ^{134}Cs i ^{137}Cs nadjen je u junećem mesu, zatim u mesu kunića i najzad u svinjskom mesu, ali su se sve vrednosti nalazile u okviru istog reda veličine. Ovo je pre svega posledica različitog porekla uzorka u prvom i drugom mernom periodu. Sadržaj ^{106}Ru se međutim, i dalje nalazio u relativno uskom opsegu, bez obzira na vrstu mesa, što ukazuje na specifičnosti metabolizma ovog radionuklida u organizmu.

Što se tiče medjusobnog odnosa pojedinih radionuklida, značajna korelacija ($r \geq 0.9$) utvrđena je samo izmedju ^{137}Cs i ^{134}Cs (2:1 u periodu maj-juni, odnosno 3:1 u periodu novembar-decembar) i ^{106}Ru i ^{103}Ru (4:1 u periodu maj-juni). Gornji odnos izmedju dva izotopa cezijuma važio je za sve vrste mesa, dok je kod ruteniju-

SLI odnosi se na život u kojem je radjeno u meseu februarju 1949.

$\alpha_{S,0,1}$ $\alpha_{S,1,0,1}$

mai si u f n o v a m a q u a r - d e c c a m
z u n e f u n t i h r a d e i o u n k l i l

A horizontal row of four small square boxes used for marking gender. From left to right: a box with vertical stripes, a plain white box, a box with diagonal stripes, and a box with horizontal stripes.

relative
jednace

ma, ovo važilo samo za svinjsko i jagnjeće meso; u mesu kunića i junećem mesu, odnos je varirao od 10:1 do 20:1. Prikazani rezultati ukazuju na neophodnost praćenja sadržaja navedenih radionuklida u dužem vremenskom periodu u svim vrstama mesa. Ovo se posebno odnosi na izotop rutenijuma-106, o čijem metabolizmu se veoma malo zna.

Abstract. The paper discusses the contents of ^{131}I , ^{134}Cs and ^{103}Ru in pork, beef, lamb and rabbit meat, after the nuclear accident in Chernobyl in 1986. The contents of the radio-nuclides was found at minimum in pork. The amount is higher in beef and rabbit, but still of the same order of magnitude, while in lamb the exceeding factor is up to 10^2 .

The significant correlation was found only for ^{137}Cs and ^{134}Cs (2:1) and for ^{106}Ru and ^{103}Ru (4:1).

key words : fission products, food, meat

References :

1. Comparative studies of food and environmental contamination. Proceed.of Symp. Otanienni, IAEA, 1974, Vienna.
2. Simpson R.E. et al. Survey of radionuclides in food. Health Physics. 1981;40.4.529-534.
3. Djurić G. Doktorska disertacija. Veterinarski fakultet. Univ. Beograd. 1980.
4. Djurić I. Doktorska disertacija. Veterinarski fakultet. Univ. Beograd. 1985.
5. Djurić G, Popović D, Adžić P. Efikasnost Ge-Li detektora za različite geometrije merenja i nosioce radionuklida. U: XII jugoslovenski simpozijum o merenjima i mernoj opremi, Beograd, 1986. Zbornik radova: 535-542.

XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Novi Sad, 8-11. 06. 1987. godine

PROGNOSTIČKI MODELI ZA PROCJENU AKTIVNOSTI ^{90}Sr I ^{137}Cs U
LANCU LJUDSKE PREHRANE

Lokobauer, N., Bauman, A., Kurtanjek, Ž.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

SAŽETAK

Ispuštanje ^{90}Sr i ^{137}Cs u okolinu potencijalno izlaže populaciju ionizirajućem zračenju i povećava rizik štetnih učinaka po zdravlje.

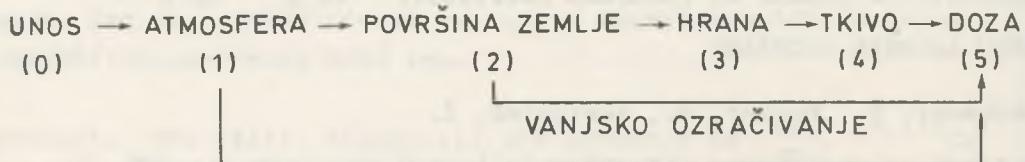
Oba se radionuklida aktivno uključuju u lanac prehrane životinja preko biljaka, a time i u hranu čovjeka. U radu je opisan model transfera ^{90}Sr i ^{137}Cs od radioaktivnih padavina do prehrane predložen od UNSCEAR-a (1).

Većina fizijskih produkata uključuje se u mehanizam kruženja u biosferi te direktno ili indirektno (preko prehrabnenog lanca) dospijeva do čovjeka. Atmosfera je primarni recipijent zračnih radioaktivnih zagadjivača, bez obzira da li oni proizlaze iz nuklearnih eksplozija ili iz zračnih ispuštanja nuklearnih instalacija.

U toku protekla tri desetljeća učinjene su mnoge studije u kojima se prati migracija, translokacija i akumulacija radioaktivnog u okolišu, a posebna pažnja posvećena je radionuklidima ^{90}Sr i ^{137}Cs zbog vrlo visokog stupnja toksičnosti, kemijskih osobina sličnih svojstvima kalcija i kalija i dugog vremena poluraspada.

Model transfera radionuklida između dijelova okoline, koji povezuje unos radionuklida i dozu na čovjeka, dao je UNSCEAR(1) a shematski je prikazan na slici 1.

UDISANJE



Slika 1. Shematski prikaz transfera radionuklida od unosa u atmosferu do čovjeka (1).

Radionuklidi prisutni u atmosferi deponiraju se na površinu zemlje, u manjoj količini direktno (tzv. suhi fallout), a većina ih dosiže površinu zemlje putem padavina. U modelu transfera, transferi izmedju dviju uzastopnih stepenica mogu se prikazati kao transfer-faktori: P_{02} , P_{23} , P_{34} , P_{45} .

Transfer-faktor koji povezuje radioaktivne padavine i hranu (P_{23}) dan je u jednadžbi 1

$$P_{23} = \frac{\int_0^{\infty} C(t) dt}{\int_0^{\infty} f(f) dt} \quad (1)$$

$C(t)$ = kvocijent $\frac{^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}}$ ili $\frac{^{137}\text{Cs}}{\text{K}}$ ($\frac{\text{Bq}}{\text{g}}$) u hrani u vremenu t .

$f(t)$ = količina ^{90}Sr ili ^{137}Cs ($\frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}$) deponirana na površinu zemlje radioaktivnim padavinama u vremenu t (depozicijska gustoća).

Ako se vrijednosti za $C(t)$ i $f(t)$ izraze kao prosjeci za jednogodišnji vremenski interval, jednadžba 1 se može napisati kao suma

$$P_{23} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} C(i)}{\sum_{i=1}^{\infty} f(i)} \quad (2)$$

Uzme li se u račun odredjeni $\frac{^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}}$ ili $\frac{^{137}\text{Cs}}{\text{K}}$ ($\frac{\text{Bq}}{\text{g}}$) kvocijent u pojedinačnoj komponenti prehrane C_k (i), te pojedinačni doprinos komponente "k" cijelokupne prehrane na ukupni Ca i K u prehrani (W_k), tada je

$$P_{23} = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} C(i)}{\sum_{i=1}^{\infty} f(i)} = \sum_k W_k P_{23}^k \quad (3)$$

P_{23}^k = transfer-faktor od radioaktivnih padavina do komponente prehrane "k".

Radi procjene transfera ^{90}Sr i ^{137}Cs od radioaktivnih padavina do prehrane bilo je testirano nekoliko funkcija. UNSCEAR (1) predlaže slijedeći model:

$$C(i) = b_1 f(i) + b_2 f(i-1) + b_3 \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\mu m} f(i-m) \quad (4)$$

$C(i)$ = kvocijent $\frac{^{90}\text{Sr}}{\text{Ca}}$ ili $\frac{^{137}\text{Cs}}{\text{K}}$ ($\frac{\text{Bq}}{\text{g}}$) u hrani u godini i.

$f(i)$ = količina ^{90}Sr ili ^{137}Cs ($\frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}$) deponirana na površinu Zemlje radioaktivnim padavinama u godini i.

$f(i-1)$ = količina ^{90}Sr ili ^{137}Cs ($\frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}$) deponirana na površinu Zemlje radioaktivnim padavinama u godini (i-1).

$\sum_{m=1}^{\infty} e^{-\mu m} f(i-m)$ = kumulativni depo ^{90}Sr ili ^{137}Cs ($\frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}$) u tlu kao rezultat svih prethodnih depozicija.

b_1, b_2, b_3 = faktori koji se mogu dobiti regresijskom analizom, uvrštavanjem niza izmjerениh vrijednosti za $C(i)$, $f(i)$ te $f(i-1) - f(i-m)$ u gornju jednadžbu

$$(\frac{\text{Bq}}{\text{gCa}} / \frac{\text{Bq}}{\text{m}^2}) \text{ ili } (\frac{\text{Bq}}{\text{gK}} / \text{m}^2)$$

μ = faktor koji se također može dobiti regresijskom analizom, uvrštavanjem niza izmjerenih vrijednosti za $C(i)$, $f(i)$ te $f(i-1) - f(i-m)$ u gornju jednadžbu (god^{-1}).

Kombinacijom jednadžbe (2) i (4) dobiva se transfer-koeficijent P_{23} .

$$P_{23} = b_1 + b_2 + b_3 \frac{e^{-\mu m}}{1 - e^{-\mu m}} \quad (5)$$

$m = 1$ godina.

Kako se ljudski organizam kontaminira ^{90}Sr i ^{137}Cs najvećim dijelom putem prehrane, vrlo je važno poznavati njihovu koncentraciju u svakoj komponenti prehrane (žitarice, mlijeko, povrće, voće, meso).

Primjena navedenog modela za procjenu unosa ^{90}Sr i ^{137}Cs u organizam stanovnika SR Hrvatske pokazala je da postoji vrlo visoka korelacijska ovisnost izmedju aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku i ukupnoj prehrani i njegove aktivnosti u radioaktivnim padavinama na razini značajnosti manjoj od 1% ($P < 0,01$) (2).

ABSTRACT

The release of ^{90}Sr and ^{137}Cs to the environment potentially exposes populations to ionizing radiation and increases the risk of incurring deleterious health effects. Both radionuclides are actively included into the food chain. In the paper the model used by UNSCEAR (1) to describe the transfer of ^{90}Sr and ^{137}Cs from deposition to diet was presented.

LITERATURA

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. New York, 1982.
2. N. Lokobauer: Efekti translokacije Sr-90 i Cs-137 u životnoj okolini na populaciju SR Hrvatske. Magistarski rad, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (1984).

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja,
Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

KRETANJE RADIOAKTIVNOG CEZIJA U MESU

J. Kovač, D. Cesar, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Sažetak

U radu je prikazano kretanje ^{134}Cs i ^{137}Cs u mesu koje služi za prehranu ljudi, za period lipanj-prosinac 1986. godine. Odredjene su eksponencijalne funkcije promjene specifičnih aktivnosti navedenih radionuklida u junećem mesu.

Ključne riječi: radioaktivni cezij, cezij u mesu, Černobil.

Bez obzira na svoje profesije, ljudi su u vijek izloženi odredjenoj dozi zračenja koje je prisutno u prirodi zbog postojanja prirodnih radionuklida. U novije vrijeme tome doprinose umjetno stvoreni radionuklidi u biosferi, nastali radom nuklearnih reaktora, probama nuklearnog oružja i sl. U duljem vremenskom periodu prioritetno mjesto zauzimaju biološki značajni radionuklidi kao što su stroncij i cezij. Naročiti interes pobudili su ti radionuklidi nakon kvara u nuklearnoj elektrani u Černobilu.

Cilj ovog rada je bio ispitati kretanje ^{134}Cs i ^{137}Cs u mesu koje služi za prehranu ljudi, jer se ti radionuklidi selektivno deponiraju u organizmu. Ispitivani uzorci mesa su junetina i svinjetina, sakupljeni s više lokacija u SR Hrvatskoj u periodu lipanj - prosinac 1986. godine.

Specifična aktivnost (A) oba radionuklida cezija je odredjena nedestruktivnom metodom gamaspektrometrijski sa Ge(Li) detektorom i više kanalnim analizatorom. Rezultati su prikazani u tablici 1, gdje "n" označava broj ispitanih uzoraka kod kojih je izmjerena specifična aktivnost cezija veća od donje granice detekcije instrumenta. Ukupno je

ispitan 321 uzorak junećeg mesa (66 uzoraka svinjskog mesa), od čega kod 226 (45) uzorka nije utvrđena prisutnost radioaktivnih izotopa cezija.

Tablica 1. Specifična aktivnost ^{134}Cs i ^{137}Cs u mesu
($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Mjesec	JUNETINA			SVINJETINA		
	n	^{134}Cs	^{137}Cs	n	^{134}Cs	^{137}Cs
		$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$		$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
VI	24	25,2	51,0	10	13,4	25,6
VII	17	26,4	50,6	-	-	-
VIII	9	20,4	43,3	1	10,0	23,0
IX	15	12,0	22,3	-	-	-
X	15	13,0	27,7	3	7,7	14,0
XI	12	7,1	11,0	4	10,3	19,0
XII	3	5,7	7,0	3	7,0	10,7

Dobivene vrijednosti su poslužile za izradu eksponentijalnih funkcija promjene specifičnih aktivnosti ^{134}Cs i ^{137}Cs u junećem mesu po mjesecima od lipnja do prosinca 1986. godine. Dobivene su slijedeće jednadžbe:

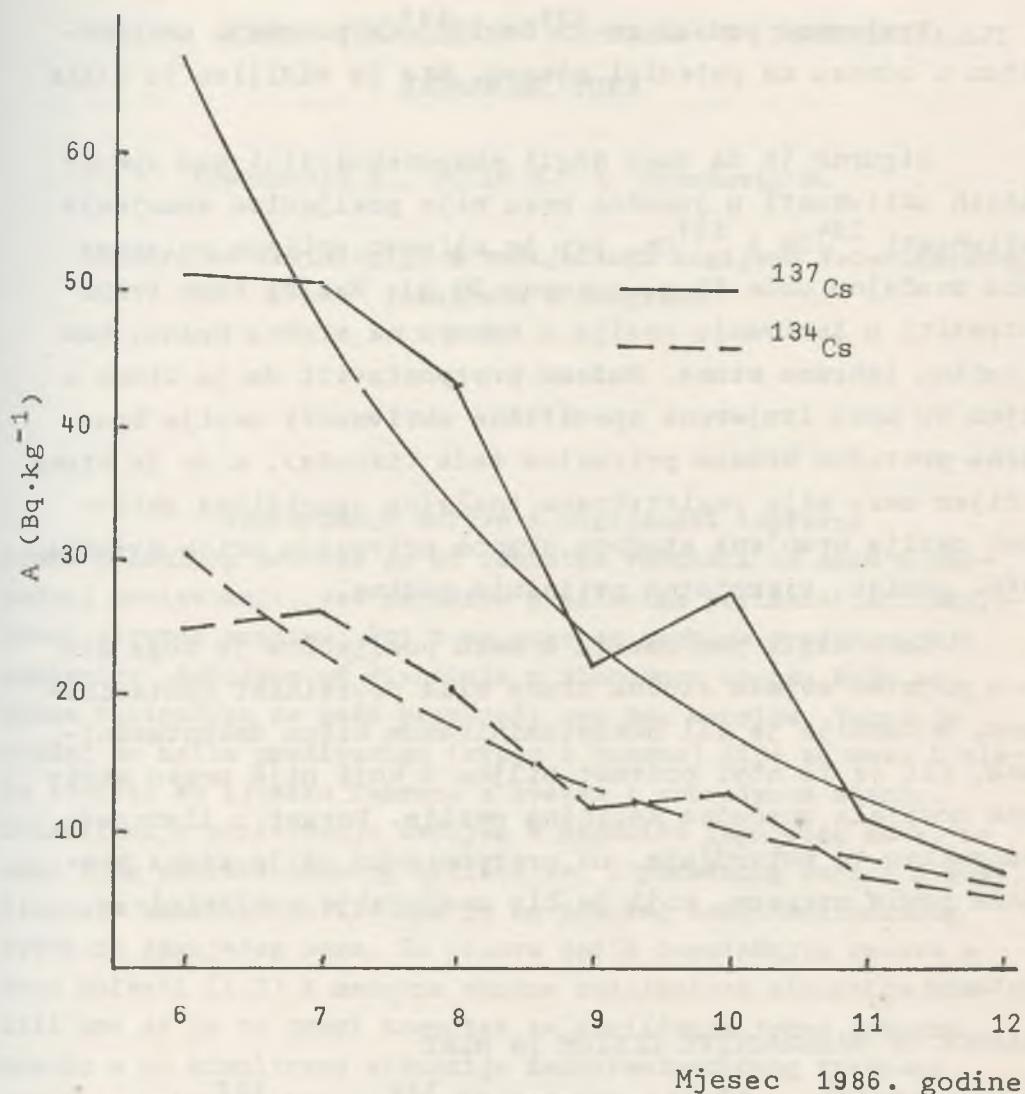
$$\begin{aligned} \text{za } ^{134}\text{Cs: } & y = 153,29 e^{-0,27 x} & \text{uz } P(t) < 0,001 \\ \text{za } ^{137}\text{Cs: } & y = 512,29 e^{-0,34 x} & \text{uz } P(t) < 0,01 \end{aligned}$$

gdje je: y = specifična aktivnost cezija u junećem mesu ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)

x = redni broj mjeseca tokom 1986. godine

Pokušaj dobivanja neke funkcionalne ovisnosti promjene specifične aktivnosti cezija u uzorcima svinjskog mesa u navedenom periodu nije urođio plodom, vjerojatno zbog premalog broja uzorka.

Grafički prikaz eksperimentalnih podataka i eksponentijalnih funkcija dobivenih iz tih podataka za uzorke junećeg mesa prikazan je na slici 1.



Slika 1. Specifične aktivnosti cezija u junećem mesu i funkcije dobivene iz tih podataka.

Izmjereni podaci za ^{134}Cs i ^{137}Cs ponašaju se identično u odnosu na pojedini mjesec, što je vidljivo iz slike 1.

Sigurno je da tako nagli eksponencijalni pad specifičnih aktivnosti u junećem mesu nije posljedica smanjenja aktivnosti ^{134}Cs i ^{137}Cs , jer je njihovo vrijeme poluras-pada značajno duže (2 g, odnosno 30 g). Razlog tome treba potražiti u lociranju cezija u odnosu na stočnu hranu, kao i načinu ishrane stoke. Možemo pretpostaviti da je stoka u čijem su mesu izmjerene specifične aktivnosti cezija hranjena pretežno hranom prirastom tada (ispasa), a da je stoka u čijem mesu nije registrirana značajna specifična aktivnost cezija hranjena stočnom hranom prirastom prije svibnja 1986. godine, vjerojatno prijašnje godine.

Tako nagli pad cezija u mesu posljedica je toga što je u početku svježa stočna hrana bila površinski kontaminirana, a kasnije je ili nekontaminiranom kišom dekontaminirana, ili je to novi prirast biljke u koji nije preko kori-jena dospjela značajna količina cezija. Porast u listopadu indirektno to potvrđuje, uz pretpostavku da je stoka hranjena prvim otkosom, koji je bio značajnije kontaminiran.

Abstract

CHANGES OF RADIOACTIVE CESIUM IN MEAT

Specific activity changes of ^{134}Cs and ^{137}Cs were studied in meat used for human diet in the period June - December 1986. Exponential functions of specific activity for both radionuclides were determined.

Literatura

- (1) BELARMIĆ T, CESAR D, MAVER H. Mjerenje koncentracije ^{137}Cs u mesu. U: Prvi Jugoslovenski kongres o ishrani održan u Beogradu 1966. Knjiga sinopsisa 106.
- (2) HARLEY J. EML Procedures Manual, HASL-300 (1981).

PRIMENA NEKIH TEHNOIOŠKIH POSTUPAKA U DEKONTAMINACIJI
JAGNJEĆEG MESA

Draganović B., Mićić G. i Stanković S.

Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu Veterinarskog
fakulteta u Beogradu

Proizvodnja zdrave i higijenski ispravne hrane animalnog porekla je od izuzetne važnosti ne samo u normalnoj proizvodnji, već naročito u uslovima povišene radioaktivnosti životne sredine. Pri tome poseban problem predstavljaju namirnice doocijene od životinja u slobodnom uzgoju koje se hrane isključivo na paši provodeći ceo dan napolju. Takav je slučaj sa malim preživarima (ovcam i kozama) čije se meso i mleko koristi za ljudsku ishranu u svežem i prerađenom stanju. Stimuliranje proizvodnje ovčijeg a naročito jagnjećeg mesa, ne samo zbog potreba domaćeg tržišta već i povećanog izvoza u muslimanske zemlje, uputilo niš je na pokušaj dekontaminacionog tretmana jagnjećeg mesa. Na osnovu naših dosadašnjih radova u ovoj oblasti (1,2) i nedavne akutne radijacione situacije mislili smo da je to pravi trenutak za korišćenje jedne stvarno moguće a ne simulirane situacije dekontaminacionog tretmana strukturno kontaminiranog jagnjećeg mesa.

Materijal i metod rada

Uzorci mesa (mišićnog tkiva) butne regije sveže zaklanih jagnjadi, starsoti 3-4 meseci, su ohlađeni i zamrznuti na -30°C . Posle sedmodnevног perioda meso je odmrznuto na sobnoj temperaturi 12 h i tom prilikom je polovini uzoraka utrljana morska so. Posle potpunog odmrzavanja jedna grupa uzoraka mesa je kuvana dva puta po 450 s (15 min) na 120°C i pod pritiskom od $2,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ (2 Atü) a druga grupa kojoj je dodana morska so kuvana je samo jednom pod istim uslovima kao prva grupa. Zatim su uzorci podvrgnuti radiometrijskim analizama pri kojima je merena ukupna beta aktivnost ("Ortec") i gamaspektrometriji ("Intertechnique" NaJ kristal 3×3 inch) radi odredjivanja aktivnosti radiokalijuma 40 i radiocezijuma 134 i 137. Efekti dekontaminacije su izražavani skinutom aktivnošću (%SA). Drugi deo uzorka je poslužio za hemijsku analizu pri kojoj je određivan procenat vode, masti belančevina i pepela.

Razmatranje rezultata

Analizom dobijenih rezultata merenja ukupne beta aktivnosti ($\text{SV} = 159 \text{ Bq/kg}$) utvrdili smo da dvostruko kuvanje pod pritiskom smanjuje radioaktivnost uzorka za 62%, dok usoljavanje i kuvanje povećava taj učinak na 77%. Aktivnost radiokalijuma-40 takodje se smanjuje kod kuvanja za 60% a kod usoljavanja i kuvanja 68%. Nas je posebno interesovalo ponašanje radiocezijuma pri ovom tretmanu pa smo utvrdili da ga dvostruko kuvanje skida za 63% a usoljavanje i kuwanje 83%. Rezultati analize hemijskog sastava tretiranog jagnjećeg mesa pokazuju da u ovakvoj obradi meso najviše gubi vodu koja od 71% sadržaja u svežem mesu, kod dvostrukog kuvanja pada na 41% a kod usoljavanja i kuvanja na 36%. Procenat masti se smanjuje od 5% na 3%, belančevine sa 18% na 14%, a pepeo kod kuvanja opada sa 1,05% na 0,45%, dok se njegova količina ne menja ili vrlo malo kod dodavanja soli i kuvanja.

Posmatrajući dobijene rezultate mislimo da se pri ovakom tretiranju mesa favoriziraju procesi koji dovode do olakšanog izlaska mesnog soka i njegovog isparavanja. Dvostruko kuvanje povećava ekstrakciju organskih i neorganskih sastojaka jagnjećeg mesa, dok usoljavanje povećava te efekte razlikom u koncentracionim gradijentima površnih i dubokih slojeva mesne mase.

Zaključci

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti: Dekontaminacija jagnjećeg mesa koje sadrži radiocezijum 134 i 137 može se efikasno izvesti dubokim zamrzavanjem, brzim odmrzavanjem, usoljavanjem i kuvanjem pod pritiskom.

Hranjiva vrednost ovako tretiranog jagnjećeg mesa je očuvana, jer se gubi četvrtina hranjive vrednosti.

Postupak dekontaminacije jagnjećeg mesa na opisani način je aplikativni postupak u vanrednim situacijama bilo da se meso upotrebljava kao namirnica ili sirovina za preradu u mesni proizvod.

Bibliografija

- 1) DRAGANOVIĆ B., MIĆIĆ G. Mogućnost smanjenje ukupne beta aktivnosti u pilećem mesu primenom dubokog zamrzavanja i termičke obrade, 13. Simpozijum JDZZ održan u Ohridu 1985, Zbornik rad. 1985, vol II, 605-609.
- 2) DRAGANOVIĆ B., MIĆIĆ G. Neki aspekti prerade mesa i mleka kao postupaka za poboljšanje radijacione ispravnosti namirnica animalnog porekla, 7. Jugosl. kongres o ishrani održan u Budvi 1985, Zbornik radova, Titograd 1985, 188.

Lamb meat radiodecontamination by application of.
some technological procedures

Draganović B., Mićić G., Stanković S.

Department for Radiology and Radiation Hygiene, Veteri-
nary Faculty, Belgrade

Summary

In this paper we consider radiodecontamination of lamb meat by deep freezing, defrosting, pressure cooking, rubbing in salt and cooking. The radiodecontamination effect of radiocesium 134 137 was 63-83 % in relation to the control group.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8-11.06.1987. godine

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

ZAVOD ZA RADILOGIЈU VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO, VOJVODE PUTNIKA 134

KOMPARATIVNI PRIKAZ NIVOA RADIOAKTIVNOSTI ANIMALNIH PROIZVODA NEKIH PROTZVODNIH PODRUČJA U BIH ZA 1985-1986. GODINU

REZIME

U radu je dat komparativni pregled nivoa radioaktivnosti Cs-137 u nekim animalnim proizvodima (meso, mlijeko i mliječni proizvodi) za 1985. i 1986. godinu.

Prikazani rezultati pokazuju da je nivo radiokontaminacije Cs-137 povećan za 3 do 5 puta u veličini za sve ispitivane uzorke u 1986. god. u odnosu na 1985. godinu.

UVOD

Nakupljanje i transfer fisionih radionuklida u ciklusu animalne proizvodnje je posebno značajan problem radiokontaminacije, jer animalni proizvodi u znatnoj mjeri mogu doprinijeti povećanju doze ozračivanja ljudi uslijed ingestije (1,2).

Materijal i metode rada

Materijal za radioaktivnu analizu uziman je iz dva proizvodna rejona (nizijski i planinski) sa 8 lokaliteta,

Uzorci su u 1985. g. uzimani u sljedećim količinama:

meso 10 kg, mlijeko-30 l i sir-6 kg (po uzorku) i pripremani prema sljedećoj shemi:

- usitnjavanje - vaganje - sušenje - spaljivanje - mineralizacija.

Uzorci su u 1986. godini uzimani u sljedećim količinama

meso-500 g, mlijeko-1 lit. i mliječni proizvodi (jogurt, sir, pavlaka)

- 250 g (po uzorku i pripremani prema sljedećoj shemi:

- usitnjavanje - homogenizacija

Rezultati i diskusija

Rezultati su postavljeni u 2 tabele

U tabelama 1 i 2 dat je komparativni prikaz rezultata mjerenja nivoa radioaktivnosti Cs-137 prema istraživačkim godinama i prema proizvodnim rejonoma

(lokalitetima 1 - 4 nizijsko područje i lokaliteti 5-8 planinsko područje).

Cs-137 kao potencijalno najopasniji element u radiokontaminaciji animalnih proizvoda, posebno mesa, sistematski je praćen tokom zadnjih 10 godina (2).

KOMPARATIVNI PRIKAZ NIVOA AKTIVNOSTI
ANIMALNIH PROIZVODA - MESO

Tabela: 1

Lokalitet	Naziv uzorka	Bq Cs-137 kg^{-1}	Lokalitet	Naziv uzorka	Bq Cs-137 .kg^{-1}	Bq Cs-134 kg^{-1}
1.	govedje	0,16	1	juneće	19,23	14,13
2.	govedje	0,15	2	juneće	35,16	27,17
3.	govedje	0,10	3	juneće	13,70	10,10
4.	govedje	0,17	4	juneće	13,39	5,22
5.	ovčije	0,47	5	jagneće	1450,60	651,73
6.	ovčije	0,56	6	jagneće	3258,96	1181,65
7.	ovčije	0,46	7	jagneće	6735,61	2979,66
8.	ovčije	0,60	8	jagneće	2273,58	1226,64

Analiza prisustva Cs-137 ukazuje na ujednačenost nivoa radioaktivnosti po lokalitetima i po proizvodnim rejonima. Nešto povišenu aktivnost pokazuju ovčije meso (planinsko područje) na svim ispitivanim lokalitetima, koja se tumači geografskim i klimatskim faktorima kao i načinom ishrane životinja (ispasa).

Drugi dio tabele sadrži rezultate dobijene nakon nuklearnog akcidenta u maju 1986. godine. Pored izrazito visokih vrijednosti sadržaja Cs-137 uočava se i prisustvo novonastalog radionuklida - Cs-134. Dobijeni rezultati za Cs-134 i Cs-137 pokazuju vidnu razliku u radiokontaminaciji nizijskog i planinskog područja. Manje količine oba radionuklida uočena su u junećem mesu što je posljedica manjih količina radioaktivnih padavina kao i načina držanja i ishrane životinja (stajsko držanje, te ishrana koncentratom i silažom) (1-2).

Enormno visoke vrijednosti za Cs-137 od 1450,60 do 6735,61 Bq/kg) u jagnećem mesu u skladu su sa predhodno navedenim podacima.

Vrijednosti aktivnosti za Cs-137 u kravljem mlijeku i siru za 1985. godinu su takođe ujednačene. Nešto veće vrijednosti za aktivnosti Cs-137 u siru se tumače tehnološkim postupkom sirenja (4 lit. mlijeka za 1 kg sira).

Rezultati za aktivnosti Cs-137 i Cs-134 u 1986. godini pokazuju visok stepen radiokontaminacije kako mlijeka tako i mliječnih proizvoda, s tim što se i ovdje u planinskom području uočavaju najviše aktivnosti.

KOMPORATIVNI PRIKAZ NIVOA AKTIVNOSTI
MLJEKA I MLJEČNIH PROTZVODA

Tabela: 2

1 9 8 5 .			1 9 8 6		
LOKALITET	Naziv uzorka	Bq Cs-137	LOKALITET	Naziv uzorka	Bq:Cs-137 kg ⁻¹
1	mljeko	0,02	1	mljeko	125,24
2	sir	0,10	2	mljeko	93,38
3	mljeko	0,03	3	jogurt	145,59
4	sir	0,11	4	kefir	188,93
5	mljeko	0,11	5	krav.mlj.	516,92
6	sir	0,71	6	krav.mlj.	1550,39
7	mljeko	0,06	7	ovč. mlj.	1819,97
8	sir	0,15	8	ovč. mlj.	2899,69

Ovako dobijene visoke vrijednosti aktivnosti fisionih radionuklida (Cs-137 i Cs-134) su pokazatelji visokog koeficijenta transfera navedenih radio-nuklida u ciklusu "padavine-biljka-životinja-animalni proizvodi" (1.2)

Z A K L J U Č A K :

- Postoji signifikantna razlika u radiokontaminaciji fisionim radionuklidima animalnih proizvoda između 1985. i drugoj polovini 1986. god.
- Vidna je velika razlika u stepenu radiokontaminacije animalnih proizvoda nizijskog i planinskog područja.

A B S T R A K T

A COMPARATIVE SURVEY OF THE LEVEL OF RADIOACTIVITY OF ANIMAL PRODUCTS IN CERTAIN PRODUCTION AREAS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN 1985 AND 1986.

The paper gives a comparative survey of Cs-137 radioactivity in certain animal products (meat, milk and dairy products) in 1985 and 1986.

The presented results show that the level of radiocontamination with Cs-137 increased for 3-5 orders of magnitude for all examined samples in 1986 as compared to 1985.

LITERATURA

1. KLAJIC R.: Prilog poznavanju transfera Sr-90 i Cs-137 u određenom ekološkom lancu sa postavljanjem modela prognoze. Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet Sarajevo, 1984.
2. MIHALJ A., HORŠIĆ E., SARAČEVIĆ L., KLJAJIĆ R., MILOŠEVIĆ Z., HASANBAŠIĆ D.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu stočna hrana-animalni proizvodi, Zbornik radova XIII Simpozijum, JDZZ, 119-122, Pula, 1985.

PRISOTNOST ČERNOBILSKIH KONTAMINATOV V PREHRAMBENI VERIGI V JESENI 1986. LETA NA BREŽIŠKO-KRŠKEM PODROČJU

U. Miklavžič, M. Korun, M. Zele, Š. Fedina, K. Južnič in D. Brajnik
Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja, Ljubljana, Jugoslavija

1. UVOD

Ocena obremenitev prebivalstva preko prehrambene verige, ki temelji samo na prizetih faktorjih prenosa posameznih radionuklidov (transfer factors), daje, zlasti pri določanju prenosa iz zemlje, ocene ki so negotove znotraj vsaj dveh velikostnih razredov. To posebej velja za oba bistvena radionuklida ($Cs-137$, $Cs-134$) v pogojih, kakršni so nastali po aprilsko-majski černobilski kontaminaciji. Za zanesljivejšo sliko so nedvomno potrebne neposredne meritve. Več let trajajoči stalen nadzor zemlje in hrani v okviru "Programa nadzora okolja NE Krško" (1) je omogočil 6 - 7 mesecev po černobilski onesnažitvi, t. j. ob jesenskem spravilu, dokaj sistematičen pregled sprememb v prehrambeni verigi. Povzetek teh meritev, njihova primerjava s prejšnjim stanjem ter nekateri zaključki so snov tega prispevka.

2. MERILNE METODE IN VZORČEVANJE

Izotopske analize cezijevih in ostalih radionuklidov sevalcev gama so bile opravljene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, določanje obeh stroncijev pa z radiokemičnim ločevanjem. Ocena vsebnosti $Sr-89$ temelji na izmerjenem razmerju $Sr-89/Sr-90$ v usedu (koncem 5. meseca je bilo sumarno razmerje 6,5) in je bila ponekod samo računsko določana. Vrednosti navedene pri hranih so povprečja več vzorcev in različnih lokacij in se, razen pri hmelju in zemlji (kjer je merjena suha snov), nanašajo na 1 kg sveže snovi. Vrednost navedena pri mleku je dejansko letno in krajevno povprečje narejeno na podlagi mesečnih meritev *) - zato slednji podatki zajemajo tudi predmajsko obdobje, upoštevati pa je tudi, da je v mesecu maju 86. v Sloveniji veljala prepoved paše molzne živine.

3. REZULTATI IN OBRAVNAVNA

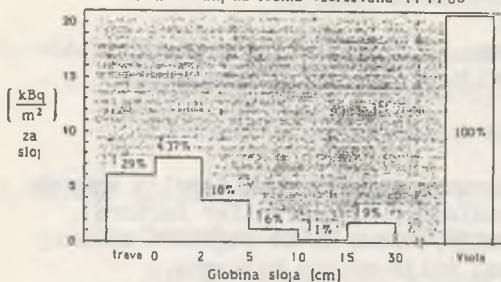
Za ~~nadzorovan~~ poljedeljsko področje Brežiško-krškega polja je značilno, da je bistveni del kontaminacije prinesel mokri used (wet deposition) med 29.4. in 4.5. ob višini padavin 19 mm, medtem ko je bila celotna povprečna količina padavin med vključno 5. in 11. mesecem, ko je bilo zaključeno vzorčevanje 710 mm. Ocena za to področje Slovenije, ki je bilo približno 20 % manj obremenjeno kot Ljubljana, daje za celoten majski used $Cs-137$ 18-21 kBq.m⁻², za $Cs-134$ pa 1/2,2-krat manjši vrednosti (8,1-9,5 kBq.m⁻²).

V Preglednici 1 in na diagramu Sl.1 je prikazana porazdelitev izotopov po globini nedotaknjene in globoko orane zemlje. Iz nje vidimo, da je pri neobdelani zemlji približno 70 % celotnega cezijevega useda (21 kBq.m⁻²) skoncentrirano v travi in ruši do globine 2 cm ($Cs-134$ v tabeli ni prikazan in se pojavlja skupaj s $Cs-137$ v 11. mesecu z 1/2,6-krat nižjo aktivnostjo). Primerjava z globoko orano zemljo na istem kraju, pa nam kaže, da se približno 60 % useda, ki ga je prestregla trava odstrani s pobiranjem poljščin, drugih 40 % pa z obdelavo prenaša v globje plasti zemlje.

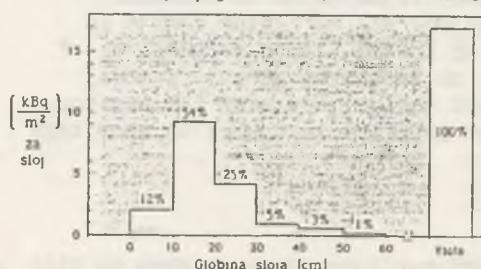
*) Analizo $Sr-90$ v mleku je opravil Zavod za varstvo pri delu SRS, Ljubljana

Porazdelitev Cs-137 v zemlji

a) nedotaknjena jedina vzorčevana III 11 86



b) Koruzna njiva po globokem oranju vzorčevana III 11 86



Preglednica 2 : HRANILA 1986

"A" Ocena povprečnih koncentracij radionuklidov v (Bq.kg⁻¹) sveže hrane

"B" Ocena relativnih prispevkov k predvideni enakovredni notranji dozi II/E50 ob zaužitju hrane.

Celotni prispevek ob II/E50 = $\sum B \cdot m \cdot E \cdot B (Sv \cdot kg^{-1})$; m=masa letno zaužite sveže hrane v kg.

	jabolka	hruske	jagode	ribez	breskve	grozdje	
IDat.vzorci	21.8 - 27.9.1986	9.9. - 6.10.1986	4.6.1986	1.7.1986	21.8.1986	11.11.1986	
I ZOTOP							
	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)
U	1	2	0,6	1,2	0,8	1,6	1,4
Ra-226	0,12	1,7	0,1	1,4	0,3	4,3	1,1
Th	0,07	3,5	0,08	4	0,2	10	0,1
K-40	42	4,2	45	4,5	48	4,8	1,1
J-131						6 E-11	1,4
Cs-134	15	5	17	5,7	28	9,3	1,1
Cs-137	33	8,3	37	9,3	56	1,4E+11	1,4
Nb-95				9 E-31		1,7	1,4
Zr-95				4 E-31		3,4	1,8
Ru-103				1 E-31	1,9	3 E-21	1,1
Ru,Rh106I						14	1,1
Ba,La140I						2	1,1
Ce-141						1	1,1
Ce-144			0,6	8 E-21		1,3	1,1
Sr-89	0,2	1 E-21	0,3	1,5E-21	3,2	1,6E-11	0,24
Sr-90	0,12	1,2E-11	0,15	1,5E-11	0,3	3 E-11	8 E-21
ΣB	13,4		15	24,5		76	0,9
ΣB za umetne radionuklide							
ΣB	25		26	45		106	30

	krompir	koleraba	pesa	korenje	ipeterasilj	zelenje	peterasilj koren	
IDat.vzorci	16.10. 1986	11.11.1986	9.9.1986	9.9.-27.9.1986	16.10.1986	16.10.1986	16.10.1986	
I ZOTOP	A	B	A	B	A	B	A	
	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)	(enote)	(Bq.kg⁻¹)	(enote)
U	0,35	0,7	0,25	0,5	0,3	0,6	0,8	1,2
Ra-226	0,09	1,3	0,085	1,2	0,08	1,1	0,21	3,0
Th	0,06	3,0	0,045	2,2	0,05	2,5	0,1	5,0
K-40	155	15,5	95	9,5	102	10,2	142	14,2
Be-7			0,35	2 E-41	2,5	1 E-31	39	2 E-21
Cs-134	0,24	8 E-21	0,13	4 E-21	0,38	1 E-11	0,17	6 E-21
Cs-137	0,48	1 E-11	0,3	8 E-21	0,76	2 E-11	0,37	9 E-21
Nb-95					0,19	4 E-31		0,1
Zr-95						1	1 E-31	1,1
Ru-103			0,3	4 E-31	0,09	1 E-31	0,02	3 E-41
Ru,Rh106I			0,15	2 E-21			0,12	2 E-31
Sr-89						1,4	0,48	2,4E-21
Sr-90	0,15	1,5E-11		1	0,4	4 E-11	0,7	7 E-11
ΣB	21		15	15	1	0,4	1,9	1,5
ΣB za umetne radionuklide	0,3		1,1		0,8	1	0,9	2,6
ΣB	21		15	15	1	0,4	1,9	40

*) Pri hranilih je predpostavljena odsotnost nekaterih dolegozivih potomcev v U verigi

- B je ocenjen nižje kot pri vodah.

Preglednica 1
A) Porazdelitev izotopov po globini nedotaknjene zemlje - odvezem 11.11.1986

Sloj (cm)	trava	0-2	2-5	5-10	10-15	15-(30)	Vzota
Cs-137 (kBq.m⁻²)	6,06	7,60	3,73	1,17	0,24	1,8	20,7
%	29%	37%	18%	1%	9%	100%	
Ru-106 (kBq.m⁻²)	1,73	3,91	1,40				7,04
%	24%	56%	20%				100%
Ru-103 (kBq.m⁻²)	0,332	0,506	0,269	0,08			1,19
%	28%	42%	23%	7%			100%
Nb-95 (kBq.m⁻²)	0,35	-	0,04				0,39
%	90%		10%				100%
Zr-95 (kBq.m⁻²)	0,150		0,05				0,20
%	75%		25%				100%
Ce-141 (kBq.m⁻²)	0,02						0,02
%	100%						100%
Ce-144 (kBq.m⁻²)	0,59		0,11				0,70
%	84%		16%				100%
Sr-89/89 (kBq.m⁻²)	0,14	0,49	0,56	0,43	0,44		
%	7%	24%	27%	21%	21%		

B) Porazdelitev radionuklidov na koruzni njivi po odstranitvi koruznice in po jesenskem globokem oranju

Sloj (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Skupaj
Cs-137 (kBq.m⁻²)	2,1	9,2	4,2	0,68	0,54	0,12	17
%	12%	54%	25%	5%	3%	1%	100%
Ru, Rh-106 (kBq.m⁻²)	-	-	4,0				
Ru-103 (kBq.m⁻²)	-	-	0,7				
Zr-95 (kBq.m⁻²)	-	-	1,0				

Preglednica 2 : HRANILA 1986

"A" Ocena povprečnih koncentracij radionuklidov v (Bq.kg-1) sveže hrane

"B" Ocena relativnih prispevkov k predvideni enakovredni notranji dozi H/E50 ob zaužitju hrane.

Celotni prispevek k H/E50 = B.m.5.E-8(Sv.kg-1); m=masa letno zaužite sveže hrane v kg.

	mleko	kokošja jajca	kokošje meso	goveje meso	svinjsko meso	vino
Dat.vzorči	letno povprečje	4.6. - 9.9.1986	11.11.1986	6.12.1986	6.12.1986	11.11.1986
IZOTOP	A	B	A	B	A	B
	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)
U-238	1,8	3,6	4,5	9	1,8	3,6
Ra-226	0,43	6,1	0,7	10	0,3	4,3
Th-232	0,35	17	0,7	35	0,05	2,5
K-40	48	4,8	54	5,4	69	6,9
J-131	5	5	6	6	125	12,5
Cs-134	6,5	2,2	3,3	1,1	3,0	1
Cs-137	12,7	3,2	6,1	1,5	7,1	1,8
Co-60						0,24
Nb-95	0,07	9 E-41				
Zr-95	0,04	8 E-41				
Ru-103	0,05	7 E-41				
Ru,Rh1061	0,1*	2 E-21				
Ba,La1401		5	5	E-11		
Ce-144		1,3	2	E-11		
Sr-89	0,81	4 E-21	5,8	2,98 E-11		
Sr-90	0,31	3,1 E-11	1,15	1,15	0,03	3 E-21
					0,23	2,38 E-11
					0,05	5 E-21
ΣB za umetne						
radionuklide		10,8		10,7		2,8
					24,6	
						5,8
						0,7
ΣB	43		70		20	
					59	
						33
						7
	solata (junij)	radič (november)	zelje	kumare	paradižnik	čebula
Dat.vzorči	4.6. 1986	11.11.1986	9.9.-6.10.1986	18.8.-9.9.1986	21.8.-5.10.1986	16.10.1986
IZOTOP	A	B	A	B	A	B
	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)
U-238	0,4	0,8	3	6	0,35	0,7
Ra-226	0,66	9,4	0,13	1,9	0,15	2,1
Th-232	0,13	6,5	0,2	10	0,07	3,5
K-40	96	9,6	182	18	79	7,9
Be-7	6,3	3 E-31	4,6	2 E-31		
J-131	2,5	2,5				
Cs-134	3,3	1,1	0,2	7 E-21	0,6	2 E-11
Cs-137	6,9	1,7	1	0,6	1,5E-11	1,4
Co-60	0,06	9 E-31				
Nb-95	0,13	2 E-31				
Zr-95	0,14	3 E-31				
Ru-103	5,2	7 E-21		0,01	1 E-41	
Ru,Rh1061	1,9	3 E-11				
Sb-125	0,05	7 E-41				
Ba,La1401	1,3	1 E-11				
Ce-141	0,12	2 E-31				
Ce-144	0,27	3 E-21				
Sr-89	5,1	2,6E-11		0,3	1,5E-21	0,1
Sr-90	0,89	8,9E-11	0,32	3 E-11	0,48	4,8E-11
					0,11	1,1E-11
ΣB za umetne					0,26	2,6E-11
radionuklide		7		0,5		0,42
						4,2E-11
ΣB	36		37		15	
					10	
						29,5
						16
	pšenica	koruza	hmelj	stročji fižol	fižol v zrnju	
Dat.vzorči	16.10.-6.12.1986	16.10.1986	9.9.1986	21.8.1986	27.9.1986	
IZOTOP	A	B	A	B	A	B
	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)	(Bq.kg-1)	(enote)
U-238	1,8	3,6	2,2	4,4	4	8
Ra-226	0,4	5,7	0,35	5	3,8	54
Th-232	0,25	12,5	0,17	8,5	2,3	115
K-40	124	12,4	102	10	727	73
Be-7					188	9 E-21
Cs-134	27	9	0,16	5 E-21	22,7	7,6
Cs-137	61,5	15,4	0,46	1 E-11	48,4	12
Co-60						0,05
Nb-95	0,18	2 E-31			188	9 E-21
Zr-95					7,1	9 E-21
Ru-103	0,05	7 E-41			2,4	5 E-21
Ru,Rh1061					25	3,7
Sb-125					3,8	5 E-21
Ce-144					13	1,6
Sr-89	0,65	3 E-21			ni	0,75
Sr-90	1	1	0,03	3 E-21	analize	0,48
						5 E-11
ΣB za umetne					0,9	
radionuklide		25		0,2		2,3
ΣB	60		28		275	
					22	
						22

* Pri hranilih je predpostavljena odsočnost nekaterih dolgoživih potomcev v U verigah.
- B je ocenjen niže kot pri vodan.

V Preglednici 2 so podane vrednosti obremenitev za 28 vrst hrani. Za osnovno primerjave je mogoče uporabiti podatek, da so bile predčernobilske koncentracije Cs-137 v 1 kg hrane s tega področja približno 0,5 Bq.kg⁻¹ (2). Neuteženo povprečje (ne upoštevaje delež porabe) po preglednici nam da za povprečno jesensko vrednost Cs-137 16 Bq.kg⁻¹ in Sr-90 okoli 0,8 Bq.kg⁻¹. Ker pa Cs-137 spremi v stalnem razmerju tudi Cs-134, lahko njegov prispevek preračunamo v ekvivalent Cs-137, katerega aktivnost zato efektivno povečamo za faktor 1,53 t.j. na 24 Bq.kg⁻¹. Kot relativno zelo obremenjena izstopa pšenica z 62 Bq.kg⁻¹ Cs-137 in 27 Bq.kg⁻¹ Cs-134 (maksimalna vrednost 91 Bq.kg⁻¹ Cs-147 in 41 Bq.kg⁻¹ Cs-134). Zanimivo jo je primerjati s koruzo, ki kaže zgolj 0,5 Bq.kg⁻¹ Cs-137. Žitu sledi goveje meso z 55 Bq.kg⁻¹ Cs-137, nato sadje s približno 31 Bq.kg⁻¹ (izvzet je ribez z maksimalno vrednostjo 175 Bq.kg⁻¹) in nato zalenjava z vrednostjo okoli 1 Bq.kg⁻¹.

Kot dodaten podatek za orientacijsko primerjavo lahko navedemo, da je bilo v letu 1964, to je v času maksimalne obremenitve Evrope z usedom zaradi atmosferskih jedrskih eksplozij uteženo povprečje Cs-137 (glede na konzumacijo) v hrani na Danskem 8 Bq.kg⁻¹ hrane (3).

4. ZAKLJUČEK

Prenos cezijevih izotopov v različne zvrsti pridelkov se zdi logičen, če vključimo pri sadju, zlasti grmičastem (ribez), pomemben delež listnatega (foliarnega) vnosa. Ugotovimo lahko, da se pri neobdelani zemlji zadržuje, kljub izdatnim padavinam, do 30 % cezijevega useda v posušenem nadtalnem delu rastlinja ostalih 40 % pa v prvih 2 cm ruše, medtem ko lahko za obdelane površine trimo, da se je do 20 % cezija odstranilo (4 kBq.m⁻² Cs-137) s pobiranjem pridelkov, ostalih 80 % pa se je preporazdelilo glede na način obdelave po globini. Slednji del bo v prihodnosti brez dvoma nepredvidljiv in pomemben dejavnik prenosa, vendar pa ne smemo prezreti dejstva, da je za razliko od drugih radionuklidov, cezij izredno vezljiv in da utegne prav zaradi tega še vedno igrati pomembno vlogo listnati vnos preko resuspendiranega Cs v usedu. Vrednost le-tega je bila proti koncu leta 86 na opazovanem področju približno 20 Bq.m⁻².mesec⁻¹ Cs-137 in 8,5 Bq.m⁻².mesec⁻¹ Cs-134 (2).

ABSTRACT

The influence of Černobil contamination in food chain measured in autumn 1986 in Brežice-Krško region is discussed and compared with the depth distribution of contaminating radionuclei in uncultivated and cultivated soil. It is felt that foliage transfer of resuspended Cs-137, -134 still depositing at average rate of 30 Bq.m⁻²/mounth at the end of the year, could retain some future importance.

LITERATURA

- Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško:
(1) Porocilo za leto 1986, IJS DP-4705, Ljubljana, april 1987
(2) Porocilo za leto 1985, IJS DP-4284, Ljubljana, marec 1986
(3) Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects,
UNSCEAR 1982 Report, UN New York, 1982 (p.220).

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
NOVI SAD, 8-11. juni 1987. godine

HORŠIĆ E., KLJAJIĆ R., MILOŠEVIĆ Z., SAMEK D.:

ZAVOD ZA RADILOGIЈU VETERINARSKOG FA-
KULTETA SARAJEVO, VOJVODE PUTNIKA 134

KRETANJE RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE PELUDA
I MEDA SA ŠIREG PODRUČJA SARAJEVA

R E Z I M E:

U radu su prikazani rezultati mjerenja nivoa radiokontaminacije J-131, Cs-134 i Cs-137 u uzorcima peluda i meda sa šireg područja Sarajeva.

Dobijeni rezultati pokazuju da je nivo radioaktivnosti naznačenih radionuklida približno za red veličine veći u peludu nego u medu.

U V O D

Karakteristika kretanja fisionih radionuklida u biosferi zavisi od mnoštva činilaca, tako da su to po svojoj prirodi slučajne veličine.

Migracija radionuklida iz izvora u životnu sredinu je veoma različita, a može se kretati od vrlo niskih vrijednosti pa do vrijednosti koje odgovaraju maksimalno mogućem akcidentu, kao što je bio akcident koji se dogodio 26.aprila 1986. godine. Teritorijalna distribucija fisionih radionuklida u nastalom akcidentu je veoma različita (2,3).

Materijal i metode rada

Prikupljanje uzorka vršeno je sa 5 lokaliteta sa šireg područja Sarajeva.

Masa po mjerenu uzorku je iznosila:

- za pelud - 100 grama,
- za med - 1000 grama.

Sakupljanje peluda je vršeno uobičajenom metodom prilikom ulaska pčela u košnicu, dok su uzorci meda skupljani vrcanjem.

Uzorci su mjereni u nativnom obliku, bez neke specijalne obrade, ali sa strogo određenom geometrijom.

Sva mjerena radioaktivnosti ($\text{J}-131$, $\text{Cs}-134$ i $\text{Cs}-137$) vršena su gamaspektrometrijski na Ge/Li detektoru sa 4000 kanalnim analizatorom i pripadnom elektronikom.

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati mjerena nivoa radioaktivnosti fisionim radio-nuklidima postavljeni su u dvije tabele.

Nakon nekoliko dana od otkrivanja povišene radioaktivnosti u padavinama (1.maja 1986.godine) uzeti su uzorci peluda, radi posmatranja uticaja radiokontaminacije na ovaj proizvod.

Iz dobijenih gamaспектara peluda izračunata je aktivnost za tri najznačajnija radionuklida ($\text{J}-131$, $\text{Cs}-134$ i $\text{Cs}-137$), mada je u spektrima padavina (kiše) utvrđeno prisustvo još desetak fisionih radionuklida.

NIVO RADIOAKTIVNOSTI U UZORCIMA PELUDA B q kg^{-1}

Tabela 1

Lokalitet	Datum uzorkovanja	J-131	Cs-134	Cs-137
1.	09.05.86	159,58	654,30	1489,18
2.	15.05.86	131,19	639,11	1340,47
3.	23.05.86	120,87	553,20	1260,18
4.	31.05.86	49,40	364,81	801,33
5.	31.05.86	49,40	364,81	801,33

Izmjerene vrijednosti aktivnosti uzorka su poredane hronološki prema datumu uzorkovanja u periodu od 01.-31.05.1986.g za pelud (Tabela 1), a za med od 09.06. do 19.09. 1986. g (tabela 2).

Naznačeni rezultati ukazuju da je najveća aktivnost za sva tri elementa dobijena u danima koji su bliži nastalom akcidentu.

Visoke vrijednosti $\text{Cs}-137$ u peludu potvrđuju literaturne podatke, da je kod akutne radiokontaminacije vegetacionog pokrova dominirajuća folijarna depozicija, ali istovremeno ovi rezultati ukazuju i na činjenicu da se rastvorljivi $\text{Cs}-137$ lako resorbuje sa površine lista i tako dospjeva i u druge dijelove biljke (2,3).

Pelud nastaje na cvjetu na vrhovima prašnika u prašnim kesicama i predstavlja muške spermije koje služe za oplodnju cvijeta radi zanetanja ploda (1).

Pelud koji pčele sakupljaju i odlažu u sače služi za njihovu ishranu i stvaranje meda. Med pčele izradjuju od sakupljenih sokova nektara (cvijetne žlijezde) uz dodatak peluda, propolisa i sopstvenih tjelesnih fermenta. Med kao finalni proizvod pčela, zbog svog sastava ulazi u prehranbeni dio namirnica, pa prema tome i zaslužuje pažnju u razmatranju radiokontaminacije (1,2,3).

NIVO RADIOAKTIVNOSTI U UZORCIMA MEDA (Bq kg⁻¹)

Tabela 2.

Lokalitet	Datum uzorkovanja	Cs-134	Cs-137
1.	09.06.86	70,32	223,91
2.	21.06.86	75,88	187,88
3.	15.07.86	68,80	112,90
4.	17.08.86	25,57	70,77
5.	19.09.86	20,68	49,75

Tabela 2. prikazuje nivo radioaktivnosti u vrcanom medu iz istih pčeljinih legura, odakle su uzimani i uzorci peluda. Naznačene vrijednosti aktivnosti za med su za red veličine manje od aktivnosti peludi, što je posljedica činjenice da je med proizvod pčela, a pelud sastavni dio cvjeta biljke, koja je bila direktno izložena radioaktivnim padavinama.

Z A K L J U Č A K:

1. Nivo aktivnosti za sva tri ispitivana elementa (J-131, Cs-134 i Cs-137) u peludu je izrazito viši u danima bližim radioaktivnom akcidentu.

2. Vrijednosti koncentracije Cs-134 i Cs-137 su u peludi višestruko veće nego u medu, pošto je pelud direktno bila izložena radioaktivnoj kontaminaciji.

A B S T R A C T

THE TRENDS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF POLLEN AND HONEY IN THE WIDER SARAJEVO REGION

In this paper the results of measurements of the level of radiocontamination with J-131, Cs-134, and Cs-137 in the pollen and honey samples taken from the wider Sarajevo region have been presented.

The obtained results indicate that the level of radioactivity of the mentioned radionuclides one order of magnitude higher in pollen than in honey.

L I T E R A T U R A:

1. BELČIĆ J., KATALINIĆ J., LOK D., LONČAREVIĆ S., PARADIN L.,
SIMIĆ F., TOMAŠEC I.: Pčelarstvo, Naknadni zavod, Znanje,
Zagreb 19879.
2. HORŠIĆ E., KLJAJIĆ R., MILOŠEVIĆ Z., SARAČEVIĆ L., MIHALJ A.:
Transfer Cs-137 u ekološkom lancu tlo-trava, Veterinaria,
33, 3, 369-374, Sarajevo, 1983.
3. KLJAJIĆ R. Prilog poznавању transfera Sr-90 i Cs-137 u određenom eko-
loškom lancu sa postavljanjem modela prognoze, Doktorska disertacija,
Veterinarski fakultet Sarajevo, 1984.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM

ZA ZASTITU OD ZRACENJA

NOVI SAD, 8-11. 06.1987. godine

Samek D., Marić S., Kljajić R., Horšić E.

ZAVOD ZA RADIOLOGIJU VETERINARSKOG FAKULTETA

SARAJEVO, VOJVODE PUTNIKA 134

NEKI KRATKOŽIVEĆI RADIONUKLIDI U UZORCIMA
TRAVE I LISNATOG POVRCA NA ŠIREM PODRUČJU
SARAJEVA NAKON HAVARIJE U ČERNOBILU

R E Z I M E

U radu su dati rezultati gamaspektrometrijskih mjerjenja nekih kratkoživećih radionuklida u uzorcima trave i lisnatog povrća na širem području grada Sarajeva nakon havarije u Černobilu.

Rezultati mjerjenja pokazuju ēnormno prisustvo novonastalih kratkoživećih radionuklida (J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136).

U V O D

Prvih dana poslije havarije kontaminacija tla, odnosno trave i povrća bila je znatno iznad "normalnog" nivoa. Cilj ovog rada bio je da se utvrdi kvalitativno i kvantitativno učešće dominantnih kratkoživećih radio nuklida i da se procjeni doprinos ovih radionuklida u ukupnoj kontaminaciji (lit. 1-3).

Materijal i metode rada

Uzorci za laboratorijsko mjerjenje radioaktivnosti uzimani su sa velikog broja različitih lokaliteta na teritoriji šireg područja grada Sarajeva.

Pri tome je obradjeno 11 uzoraka trave, 12 uzoraka salata i 12 uzoraka mladog luka.

Materijal za mjerjenje u nativnom obliku pripreman je na sljedeći način:

- čišćenje - usitnjavanje - homogenizacija.

Sva mjerjenja su vršena poluprovodničkim Ge/Li detektorom koji je povezan sa 4000 kanalnim analizatorom firme "ORTEC".

Rezultati i diskusija

Rezultati izmjerenih nivoa radioaktivnosti J-131, Cs-136, Ba-140 i La-140 dati su u tri tabele.

U tabeli 1 dano je kretanje aktivnosti uzoraka salate u periodu od 2.05. do 14.05. 1986. godine. Maksimalne izmjerene aktivnosti J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136 iznosile su: 2915, 1281, 1121 i 1400 Bq/kg.

U tabeli 2 dati su rezultati mjerjenja radioaktivnosti mladog luka u periodu od 2.05. do 15.05. 1986. godine. Maksimalne izmjerene aktivnosti J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136 iznosile su: 1889, 346, 88 i 521 Bq/kg.

U tabeli 3 dati su rezultati mjerjenja stepena radiokontaminacije uzoraka trave u periodu od 2.05. do 15.05. 1986. godine. Maksimalne izmjerene aktivnosti J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136 iznosile su: 4787, 3638, 1372 i 1576 Bq/kg.

Dobijeni rezultati za radiokontaminaciju lisnatog povrća (salata i mlađi luk) i trave potvrđuju literarne podatke da je kod akutne radiokontaminacije vegetacionog pokrova dominantna folijarna depozicija fisionih radionuklida, prispjelih putem padavina. Folijarna depozicija fisionih radionuklida, od strane nadzemnih dijelova biljaka zavisi kako od fizičko-hemijskih parametara prispjelih radionuklida, tako i od gradje površine lista i morfoloških karakteristika biljaka. Maksimalne izmjerene aktivnosti J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136 kod uzoraka trave (koje su gotovo dvostruko veće nego kod uzoraka salate) potvrđuju gore navedene tvrdnje (lit.1,2,3).

No, pod djelovanjem "čistih" kiša u periodu od 9.05. do 15.05. 1986. godine nivo radioaktivosti se vidno smanjio, dok je La-140 potpuno isčezao već 10.05. 1986. godine zbog vrlo kratkog vremena poluraspada (40,8 sati).

Z A K L J U Č A K:

1. Gamaspektrometrijske analize su pokazale značajno prisustvo (oko 70% od ukupne gama-aktivnosti) novonastalih kratkoživećih fisionih radio-nuklida (J-131, Ba-140, La-140 i Cs-136) u uzoricima trave i lisnatog povrća.

2. Pod djelovanjem "čistih" kiša u periodu od 9.05. do 15.05. 1986. godine nivo radioaktivnosti se vidno smanjio.

Abstract:

SDME OF THE SHORT-LIVING RADIONUCLIDES IN THE SAMPLES OF
GRASS AND FOLIATE VEGETABLES TAKEN AT THE WIDER AREA OF
SARAJEVO AFTER THE CHERNOBIL ACCIDENT

The paper presents the results of gammaspectrometric measurements of certain short-living radionuclides in the samples of grass and foliate vegetables taken at the wider area of the city of Sarajevo after the Chernobil accident. The results of these measurements show an enormous presence of the newly created short-living radionuclides (J-131, Ba-140, La-140, and Ca-136).

LITERATURA

1. HORSIC E., KLJAJIC R., MILOSEVIC Z., SARACEVIC L., MIHALJ A.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu tlo-trava, Veterinaria, 33,3,369-374 Sarajevo, 1983.
2. HORSIC E., SARACEVIC L., KLJAJIC R., MIHALJ A., HASANBASIC D., MILOSEVIC Z.: Dosadašnja iskustva radiološkog monitoringa u Bosni i Hercegovini, Zbornik radova I Savjetovanja "Zaštita od zračenja i sigurnost u nuklearnoj energetici" 135-144, Društvo za zaštitu od zračenja SR Srbije, Beograd, 1984.
3. MIHALJ A., HORSIC E., SARACEVIC L., KLJAJIC R., MILOSEVIC Z., HASANBASIC D.: Transfer Cs-137 u ekološkom lancu stočna hrana-animalni proizvodi, Zbornik radova XIII Simp. JDZZ, 111-114, Pula, 1985.

Tabela 1. AKTIVNOST UZORAKA SALATE
OD 2.05. DO 14.05. 1986.g.

U PERIODU

Uzorak	Datum uzorkovanja	J-131 (Bq/kg)	Ba-140 (Bq/kg)	La-140 (Bq/kg)	Cs-136 (Bq/kg)
1.	2.05.86	2915	1251	1121	821
2.	3.05.86	2852	911	955	1400
3.	4.05.86	2153	1281	797	1164
4.	5.05.86	2274	978	222	1076
5.	6.05.86	1841	1078	197	654
6.	7.05.86	1322	394	101	384
7.	8.05.86	1196	516	21	514
8.	9.05.86	269	41	11	175
9.	10.05.86	251	38	IGD	134
10.	12.05.86	177	32	IGD	121
11.	12.05.86	157	34	IGD	133
12.	14.05.86	44	IGD	IGD	39

TABELA: 2

AKTIVNOST UZORAKA MLADOG LUKA U
PERIODU OD 2.05. DO 15.05.1986. G

Uzorak	Datum (uzorkovanja)	J-131 (Bq/kg)	Ba-140 (Bq/kg)	La-140 (Bq/kg)	Cs-136 (Bq/kg)
1.	2.05.86	1889	346	88	521
2.	3.05.86	1690	179	53	263
3.	4.05.86	1182	229	39	308
4.	5.05.86	770	130	30	187
5.	6.05.86	566	100	17	175
6.	8.05.86	430	91	10	155
7.	9.05.86	165	55	9	124
8.	10.05.86	164	32	IGD	99
9.	11.05.86	126	27	IGD	78
10.	12.05.86	88	20	IGD	80
11.	13.05.86	51	14	IGD	47
12.	15.05.86	24	IGD	IGD	15

TABELA: 3.

AKTIVNOST UZORAKA TRAVE U PERIODU
OD 2.05. DO 15.05. 1986. GODINE

UZORAK	Datum (uzorkovanja)	J-131 (Bq/kg)	Ba-140 (Bq/kg)	La-140 (Bq/kg)	Cs-136 (Bq/kg)
1.	2.05.86	4787	3638	1372	1576
2.	3.05.86	4420	2861	1252	1372
3.	4.05.86	3160	1645	1121	1094
4.	5.05.86	2729	1157	802	1031
5.	6.05.86	2721	1150	498	1039
6.	7.05.86	2638	902	222	902
7.	8.06.86	2508	796	103	854
8.	9.05.86	945	204	53	152
9.	10.05.86	897	143	IGD	130
10.	13.05.86	460	69	IGD	100
11.	15.05.86	161	42	IGD	113

SPREMLJANJE RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE TRAVE PO JEDRSKI NEZGODI V ČERNOBILU

Milko Križman

Miran Kanduč

Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu, Ljubljana

UVOD

Razen hitrega določanja specifičnih aktivnosti posameznih radionuklidov v dnevnih vzorcih zraka in padavin v Ljubljani smo na osnovi lastnih izkušenj vključili v program promptnega spremeljanja tudi radioaktivnost sveže trave.

Za razliko od meritev padavin, ki dajejo le oceno dnevnega prispevka, pa predstavlja meritev trave osnovno za oceno kumulativne radioaktivne kontaminacije živinske krme in zelenih vrtnin. Razen tega dajo podatke o zmanjševanju kontaminacije s časom in vremenom ter omogočajo realnejše napovedi možnih koncentracij izotopov joda in cezija v mleku in s tem povezano hitro ukrepanje.

CILJ MERITEV

Cilj spremeljanja radioaktivne kontaminacije trave v prvem mesecu po jedrski nezgodi v Černobilu je bil večkraten.

Ker meritev zraka in padavin ne omogočajo realnega vrednotenja kontaminacije hrane rastlinskega izvora, dobimo s kontinuirnimi meritvami trave naslednje pomembne podatke:

- delež površinske kontaminacije, ki ostane na travi in na listnih površinah
- hitrost samodekontaminacije v odvisnosti od časa ozira in vremena (izmerjeni efektivni razpolovni čas pojemanja aktivnosti je kombinacija fizikalnega in eliminacijskega časa)
- solidno oceno o totalni depoziciji, o vrsti in razmerjih aktivnosti posameznih radionuklidov na določeni lokaciji.

Slednje ni brez pomena, saj vemo, da na rezultate meritev padavin lahko še kako vplivajo napake pri zbiranju, transportu in pripravi vzorcev.

METODA DELA

V času od 30. aprila do 20. maja 1986 smo dnevno vzorčevali travo s površine $0.15 \times 0.15 \text{ m}^2$ (izrez s pomočjo šablone). Celotni odvzeti vzorec smo oblikovali v standardno geometrijo in direktno merili na visokoločljivostnem gama-spektrometu. Rezultate specifičnih aktivnosti smo izražali v Bq/m^2 , ker so v tej obliki primernejši za nadaljnje izračunavanje.

Dobljene podatke smo sproti primerjali in preverjali s podatki o radioaktivnosti zraka, padavin in tal.

REZULTATI IN DISKUSIJA

V travi smo identificirali vse radionuklide (gama sevalce), ki so se pojavili v večjin površinskih koncentracijah kot 100 B2/m2. Primerjava rezultatov kontaminirane trave pokaže tako pri daljnjih kot zelo bližnjih lokacijah zelo različna razmerja posameznih radionuklidov.

Delež suhe in mokre depozicije, ki se je zadržal na listnih delih rastlin znaša okrog ene tretjine celokupne površinske kontaminacije, ocenjeno iz meritve nekaterih radionuklidov v zemlji.

Da bi lahko ocenili dinamiko zmanjševanja radioaktivnosti trave, smo v prvi fazici ocenili efektivne razpolovne čase za posamezne radionuklide grafično. Fluktuacije točk na diagramih so predvsem posledica vzorčenja, sama priprava in statistika merjenja ne vplivata v toliki meri. Količinski prirast trave v razdobju treh tednov je sicer znaten, vendar pa praktično manj vpliva na končni rezultat, ker je bila vzorčena enaka površina, ne pa enaka količina.

Dobljeni razpolovni časi eliminacije posameznih radionuklidov so približno enaki in znašajo okrog 45 dni +/- 5 dni.

Rezultat je presenetljiv, saj smo dobili kar trikrat večjo vrednost, kot se v literaturi vzame v poštvet za izračune. (1)

Prav tako je odstotek radionuklidov, ki je ostal na travi, precej visok, saj je po naši oceni obstalo na travi kar ena tretjina celotnega depozita, kar je vsaj trikrat več, kot je bilo pričakovati.

Obe ugotovitvi se dasta obrazložiti z dejstvom, da je naše vzorčevanje potekalo v mestu, na vrtu med hišami, ki nudijo večje zatišje, razen tega pa je v obdobju po glavnem depozitu padlo zelo malo dežja. Tako je bilo omogočeno manjše spiranje, odpihavanje prašnih delcev in mehansko odstranjevanje s trenjem ob vetru.

ZAKLJUČEK

Dnevne meritve radioaktivne kontaminacije na sveži travi nam dajejo bistveno dopolnilno informacijo o trenutni in kumulativni površinski kontaminaciji živilske krme in zelenih vrtnin.

Z določitvijo aktivnosti gama sevalcev prvega predhodnega člena v prehrambeni verigi trava - mieko in vrtnine - človek, lahko napovedujemo vnos radionuklidov.

Pomen teh rezultatov pa vidimo tudi v tem, da omogočajo realnejše ocene za vnos radionuklidov v organizem ljudi, ki uživajo vrtnine iz domače ohišnice, za katere je pričakovati, da leže v bolj zatišni legi. Vsi računski modeli namreč upoštevajo hitrejšo eliminacijo radionuklidov s površin listov vrtnin in trave, kot pa je bilo ugotovljeno s temi meritvami.

ABSTRACT

Daily measurements of radioactive contamination on fresh grass were done to asses partial deposition. Radioactivity elimination of single radionuclides related to time and weather is estimated. Results show that radioactivity decreases with lower elimination rates in undisturbed regions as compared to rates commonly used for calculations.

LITERATURA

- (1) Agricultural measures to reduce radiation doses to man caused by severe nuclear accidents, Commission of the European Communities Report EUR 7370, Luxembourg 1981.

XIV.Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja ,Novi Sad,
8-11.juna 1987.god.

Lj.Mijatović, R.Brnović, M.Vukotić

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

RADIOAKTIVNOST REČNIH VODA NA TERITORIJI SR SRBIJE NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

U uzorcima rečnih voda Dunava,Save,Nišave,Timoka ,Begeja i Tise vršena je redovno i kontinuirano indikatorska kontrola veličine ukupne beta radioaktivnosti.U periodu od januara do maja 1986. godine vrednosti izmerene aktivnosti kretale su se u opsegu koji nije prelazio vrednosti nadjene u proteklom desetogodišnjem ispitivanju.

Uobičajeni "pik aktivnosti" pojavio se u prolećnim mesecima (mart,april) i razlikovao se po veličini od reke do reke u zavisnosti od posebnih atmosferskih ,hidroloških i drugih prilika.

U maju 1986.godine dolazi do naglog i velikog povećanja ukupne beta radioaktivnosti u rečnim vodama kao posledice akcidenta u Černobilu.

Radi vernijeg praćenja kretanja aktivnosti i blagovremene signalizacije eventualno prekomerne kontaminacije ,preduzete su sledeće mere:

1.Kod određjenog broja uzoraka ,umesto desetodnevног prosečnog uzorka radjeni su svakodnevni uzorci (gde je bilo tehnički izvodljivo i dok je postojala opravdana potreba uzorci su uzimani i mereni dva puta dnevno)

2.Izabrani su reprezentativni uzorci (tamo gde su indikatorska merenja pokazala povećanu ukupnu beta aktivnost) i kod njih je radjena gama-spektrometrijska analiza.

3.U svim uzorcima radjena je radiohemija separacija i određivanje stroncijuma-90 i cezijuma-137

Rezultati merenja i diskusija

Izmerene prosečne mesečne vrednosti ,kao i maksimalno pojedinačno nadjene vrednosti ,u periodu maj 1986-septembar 1986 su za 10 -20 puta više u odnosu na vrednosti za I.kvartal 1986.godine,kao i u poređenju sa vrednostima iz odgovarajućih perioda prošlih godina.

Na sledećim tabelama su prikazani neki karakteristični rezultati merenja:

1. Reka SAVA, sakupljačko mesto BEOGRAD

meseci:	Ukupna beta radioaktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	773	1375
APRIL	433	700
MAJ	6696	9662
JUNI	2339	3015
JULI	1556	1849
AVGUST	1873	3369

2. Reka DUNAV, sakupljačko mesto ZEMUN

meseci:	Ukupna beta radioaktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	452	786
APRIL	447	498
MAJ	3090	7409
JUNI	2513	3518
JULI	2158	3290
AVGUST	1173	1455
SEPTEMBAR	1070	1943

3. Reka DUNAV, sakupljačko mesto BEZDAN

meseci:	Ukupna beta radioaktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	847	1534
APRIL	3083	5820
MAJ	3924	7672
JUNI	7814	14282
JULI	906	1164
AVGUST	1220	2631
SEPTEMBAR	677	846

4. Reka NIŠAVA, sakupljačko mesto PIROT

meseci	Ukupna beta aktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	323	688
APRIL	420	750
MAJ	1758	2256
JUNI	478	554
JULI	421	529
AVGUST	226	264
SEPTEMBAR	210	259

5. Reka TISA, sakupljačko mesto KANJIŽA

meseci	Ukupna beta aktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	2460	5238
APRIL	1589	1589
MAJ	13477	25844
JUNI	1641	2246
JULI	6164	11537
AVGUST	666	780
SEPTEMBAR	700	784

6. Reka BEGEJ, sakupljačko mesto ZRENJANIN

meseci	Ukupna beta aktivnost mBq/l	
	prosečna	maksimalna
MART	490	880
APRIL	520	890
MAJ	2882	7330
JUNI	1677	1879
JULI	1196	1876
AVGUST	405	466
SEPTEMBAR	621	640

Sem rečnih voda ,koja su pod višegodišnjom permanentnom kontrolom ,u toku meseca maja i prve polovine juna 1986.godine vr-

Šena je i kontrola ukupne beta aktivnosti (i odgovarajuće gama-spektrometrijske analize ukoliko je bilo potrebno) drugih površinskih voda-jezera, kanala, manje reke sa pritokama, akumulacije itd. -sa terena sa povećanom jačinom ekspozicione gama doze zračenja. Rezultati ovih merenja ne razlikuju se bitno od rezultata merenja prikazanih u tabelama i smatramo da je tok kontaminacije bio sličan: maksimum u mesecu maju, zatim smanjivanje tokom letnjih meseci i ustaljivanje u jesen.

Gama-spektrometrijskim merenjima bili su obuhvaćeni reprezentativni uzorci rečnih voda. U uzorcima su nađeni sveži fisioni produkti: J-131 (max.nadjena vrednost 3,19 Bq/l) J-132, Cs-137 (max.nadjena vrednost 0,505 Bq/l), La 140, Ru -103, Nb-95, Cs-134, Ce 144 i drugi. Nadjeni radionuklidi uglavnom reflektuju sadržaj radionuklida u padavinama.

Zaključak

Relativno mali porast aktivnosti u rečnim vodama (ako ga upoređujemo sa porastom aktivnosti u atmosferskom vazduhu i padavinama) je posledica razblaženja u velikim vodenim sistemima koje čine rečne vode.

Povišene vrednosti ukupne beta radioaktivnosti protežu se na mesece juni, juli, avgust a zatim dolazi do ustaljivanja na vrednosti koje odražavaju opšte povišeni back-ground.

Abstract

XIV. Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Novi Sad,
8-11.of June 1987.

Lj.Mijatović, R.Brnović, M.Vukotić

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

The river waters have increased levels of radioactivity in period may 1986. -august 1986. The values of gross beta activity are generally one order of magnitude higher (10-20) in comparison with the values from 10 years ago period. The results obtained are presented.

Gamma-spectrometric analyses of representative samples were made.

ANALIZA MOGUĆNOSTI BRZOG, PRECIZNOG ODREDJIVANJA
Cs-134 I Cs-137 U VODAMA

Lj. Čonkić, I. Bikit, J. Sliška, M. Vesković

Institut za fiziku PMF u Novom Sadu

1. UVOD

Zbog sve većeg broja nuklearnih elektrana, time i povećane verovatnoće javljanja akcidenata, kao i radi stalne kontrole u cilju zaštite životne sredine neophodno je tačno kvantitativno određivanje prisutnih radionuklida u različitim medijumima, pri čemu radio-ekologija posebnu pažnju posvećuje vodama, koje kao jedna od osnovnih komponenata životne sredine imaju najveći uticaj na sve ostale komponente eko-sistema.

Kako je stepen kontaminacije vode u najvećoj meri determinisan rastvorljivošću radioelementa, kao i eventualnim prisustvom, u vodi, materija koje mogu da formiraju komplekse i teško rastvorljive taloge sa prisutnim kontaminantom, najveću opasnost predstavlja veoma dobro rastvorljiv Cs-137 čije je vreme poluraspada 30.1 god. Prvenstveno putem vode za piće, njegovi monovalentni joni se lako, 100% resorbuju kroz crevnu sluzokožu čoveka, te u slučaju interne kontaminacije vodom, digestivni trakt predstavlja najznačajnije resorptivno područje. Sem puta vode za piće, za dospevanje do čoveka značajan je lanac voda-riba-čovek; voda-mikroflora-zooplankton-riba-čovek; voda-fitoplankton-riba-čovek. Cs-137 se akumuliše u mišićnom tkivu slatkovodnih riba znatno intenzivnije nego Sr-90, pri čemu je koeficijent nagomilavanja reda veličine $10^2 \div 10^3$ [1], dok ravnotežna koncentracija Sr-90 u mekom tkivu slatkovodnih riba obično ne prelazi 0.1% njegovog sadržaja u vodi. Iz vodenog rastvora u biljke takodje znatno više prelazi Cs-137, a u lancu ishrane, umleko prelazi oko 100 puta više Cs-137 nego Sr-90 [2].

Glavni problem praćenja koncentracije radionuklida u vodenim rastvorima je činjenica da, čak i u slučaju akcidenta, tačno određivanje direktnim merenjem nije moguće, te je poslednjih decenija veliki broj istraživanja po-

svećen separaciji i prekoncentraciji Cs iz vodenih rastvora u cilju da se omogući što tačnije određivanje Cs-137 i Cs-134.

U ranijem radu [3] smo pokušali izdvajanje Cs na KCFC i CuFC, a zatim sintetisali ZrFC, koji se u smislu efikasnosti i fizičkih karakteristika pokazao kao najbolji. Međutim, u svim dosadašnjim radovima, posvećenim iznalaženju optimalnih uslova za izdvajanje Cs, analize se izvode pomoću model rastvora sa neodgovarajućim matriksom i u idealnim uslovima, iako je ustanovaljeno da prisustvo pojedinih jona veoma utiče na efikasnost ekstraktanata [4]. Za razliku od ranijih rada, koji su kao veoma važan faktor ispitivali i selektivnost materijala za izdvajanje Cs zbog određivanja na osnovu merenja β -aktivnosti, u ovom je radu, zahvaljujući γ -spektroskopiji, bilo od interesa da se ustani i koji materijal omogućuje efikasno izdvajanje Cs iz vodenog rastvora po matriksu sličnog prirodnog uzorku i predstavlja dovoljno pouzdan ekstraktant za brza precizna serijska γ -spektrometrijska određivanja Cs-137 i Cs-134 u slučaju akcidenta.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Materijal: - granulovani aktivni ugalj KARBOZAK H; jako kisele, katjonske ionizmenjivačke smole u H^+ -jonskoj formi formi: VARION KS, DOWEX 50W, LEWATIT S100; granulovani ZrFC (cirkonijumferocijanid); model rastvor: EKSTRAKT lucerkinog brašna; 20% HCl (za aktiviranje, odnosno regenerisanje smola); staklena kolona unutrašnjeg prečnika 2.7 cm, visina punjenja 30 cm, protok 1.5 l/h.

Metod rada i merna tehnika: Lucerkino brašno iz PIK „Tamiš“ u Pančevu bilo je tipičan uzorak u kojem su posle akcidenta u Černobilu bili koncentrisani sviradionuklidi i kod kojeg je interkomparacionim merenjima [5], između ostalog, konstatovan visok sadržaj Cs-137. 4.75(108) Bq/g, odnosno Cs-134: 2.49(56) Bq/g, te smo bili mišljenja da je veoma pogodno za formiranje model rastvora. Potapanjem odredjene mase lucerkinog brašna u vodu i zagrevanjem na 323 K, uz mešanje, 5 časova, ekstrahovano je oko 70% Cs. Rastvor je profiltriran, a zatim je u filtratu određen sadržaj jona koji utiču na efikasnost izdvajanja Cs metodom plamene atomske-apsorpcione, odnosno atomske-emisione spektrometrije na AA/EE spektrofotometru IL 951 „Instrumentation Laboratory“. Rezultati merenja pokazuju da filtrat razblažen 1:5 najviše odgo-

vara realnom uzorku, pa je takav rastvor korišćen za dalja merenja.

Određivanje efikasnosti navedenih ekstraktanata za Cs vršeno je merenjem koncentracije aktivnosti Cs-137 i Cs-134 u model rastvoru, a zatim propuštanjem rastvora kroz kolone sa određenim materijalom, pri jednakim navedenim uslovima i konačno, merenjem aktivnosti oba izotopa Cs na kompletном materijalu iz kolone, pri čemu su energije merenih γ -prelaza za Cs-134 i Cs-137 bile 605 keV, odnosno 662 keV. γ -spektroskopska merenja su izvršena pomoću „Closed and Coaxial“ Ge(Li) detektora „CANBERRA“ smeštenog u niskošumnu zaštitnu komoru od predratnog gvozdenog brodskog lima [6]. Signali sa detektora su vodjeni posredstvom prepojačavača „CANBERRA“ 1413 do 4096-kanalnog analizatora „NUCLEAR DATA“ ND 2400, gde je spektar registrovan.

3. REZULTATI

Analiza sadržaja ometajućih jona u EKSTRAKTU data je u Tabeli 1.

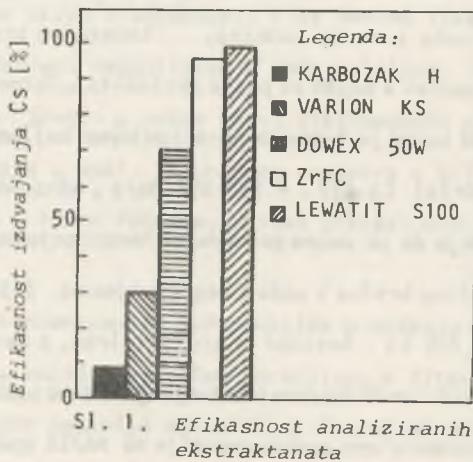
Tabela 1.

ELEMENT	SADRŽAJ [mg/l]
K	273.7
Ca	165.4
Mg	52.5
Na	46.1
Cs	8.7

Koncentracija aktivnosti u ekstraktu je iznosiла за Cs-137 : 87.7 ± 5.6 Bq/l, a za Cs-134 : 41.7 ± 3.3 Bq/l, dok su aktivnosti materijala za izdvajanje Cs date u Tabeli 2., a efikasnost analiziranih ekstraktanata prikazana je grafički na sl. 1.

Tabela 2.

EKSTRAKTANT	AKTIVNOST [Bq]	
	Cs - 137	Cs - 134
KARBOZAK H	3.4 ± 0.5	4.8 ± 0.7
VARION KS	24.2 ± 1.8	15.5 ± 1.3
DOWEX 50W	60.3 ± 4.2	33.0 ± 2.6
LEWATIT S100	84.1 ± 4.9	39.6 ± 2.7
ZrFC	80.6 ± 1.2	38.2 ± 0.9



4. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Preliminarna merenja su pokazala da je optimalna visina nosača-ekstraktanta 30 cm, jer obezbeđuje efikasnji rad i odgovara optimalnoj debljinii materijala u nosaču pri γ -spektrometrijskom merenju [7].

Analiza je pokazala da su od svih ispitivanih materijala za date uslove njefikasniji granulisani ZrFC i LEWATIT S100, koji u sirovom uzorku i pomatriksu veoma sličnom materijalu koji bi mogao da se javi u realnim uslovima pri relativno visokom sadržaju ometajućih jona, izdvajaju preko 95% Cs iz vodenog rastvora. Prednost svakako ima LEWATIT S100, jer ne zahteva zameštu sinteze kao ZrFC i prethodno testiranje sastava i efikasnosti sintetisanog materijala, odnosno omogućuje pouzdano brzo i tačno γ -spektroskopsko merenje Cs-137 i Cs-134 iz relativno male količine uzorka.

5. LITERATURA

1. Kuzin, A.M., *Savremeni problemi radioekologije*, A.N. SSSR, Tom II, Moskva, Atomizdat (1971).
2. Jovanović, M., *Ionizujuća zračenja i životna sredina*, Vojnoizdavački Zavod, Beograd (1983).
3. Čonkić Lj., Vesković M., Marinkov L., Bikit I., *Vodoprivreda* 15, 196 (1983).
4. Luetzelschwab J.W. and Gignac C., *Health Phys.* 27, 109 (1974).
5. Lj. Čonkić, L. Marinkov, I. Bikit, J. Slivka, *Interkomparacija jugoslovenskih γ -spektrometara*; Savetovanje: "Izlaganje zračenju iz prirodne sredine i procena odgovarajućeg radijacionog rizika", Kragujevac, 1986.
6. Bikit I., et al., *Low Level Shield for Gamma Spectrometers*, ETAN (1984).
7. I. Bikit, M. Veskovlć, *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res.*, A 243, 227 (1986).

THE POSSIBILITIES OF FAST AND PRECISE DETERMINATION OF Cs-137 AND Cs-134 IN WATER

Lj. Čonkić, I. Bikit, J. Slivka, M. Veskovlć
Institute of Physics, University of Novi Sad, 21000 Novi Sad, Yugoslavia

Summary: *The fast and precise determination of Cs-137 and Cs-134 activity concentration is discussed taking into account the presence of extraction disturbing ions. The model solutions used are very similar to naturally occurring water contaminated with $\approx 10^2$ Bq/l. Lewatit S100 was found to be the most efficient among the five investigated extractants.*

Key words: Cs-134, Cs-137, extracting efficiency

XIV SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠТИTU OD ZRAČENJA

MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI OTPADNIH VODA U REGIONU ŠUMADIJE I POMORAVLJA

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

INSTITUT ZA FIZIKU, PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET KRAGUJEVAC

Apstrakt

U ovom radu je dat prikaz rezultata merenja ukupne beta aktivnosti otpadnih voda gradske kanalizacije, industrije i drugih proizvodnih organizacija regiona Šumadije i Pomoravlja. Zapaženo je povećanje radioaktivnosti u izvesnom broju slučajeva.

1. UVOD

Merena je radioaktivnost otpadnih voda iz industrije, kanalizacije i drugih proizvodnih organizacija regiona Šumadije i Pomoravlja. Uzorci su sakupljeni u toku zime i proleća 1986. godine. Postupak merenja i pripreme uzorka je detaljno opisan u referenci (1). Detaljnije informacije o merenjima radioaktivnosti u pomenutom regionu mogu se naći u referenci (2).

2. REZULTATI

Rezultati merenja radioaktivnosti otpadnih voda su dati po opština regiona i po radnim organizacijama u tablici broj 1. Sve vrednosti su date u Bq/l.

Tablica 1: Radioaktivnost otpadnih voda

Mesto uzimanja uzorka	Ukupna beta aktivnost (Bq/1)
A r a n d e l o v a c	
1. Gradske otpadne vode	0.41
2. Industrija elektroporcelana	0.15
3. Fabrika šamota	0.50
4. Industrija mermera - Venčac	0.26
B a t o č i n a	
1. Gradske otpadne vode	0.57
2. GIK - 1 Maj Lapovo	1.29
3. Kraguj	1.95
4. Straževica	0.20
D e s p o t o v a c	
1. Gradske otpadne vode	0.25
2. Rudnik uglja "Rembas" - Rembas	7.85
3. Farma svinja - Veliki Popović	10.31
4. Farma goveda - Despotovac	17.69
K n i č	
1. Gradske otpadne vode	1.18
2. RO "Stanoje Sremčević"	0.39
3. Hladnjača	0.02
P a r a č i n	
1. Gradske otpadne vode	0.21
2. Srpska fabrika stakla	0.14
3. Industrija vunenih tkanina	1.69
4. Fabrika cementa - Novi Popovac	0.24
5. Fabrika bombona - Paraćinka	1.29
R a č a	
1. Gradske otpadne vode	0.71
2. RO "Izolma"	0.57
3. Farma svinja "Trska"	4.08
R e k o v a c	
1. Gradske otpadne vode	0.61
2. Fabrika kablova	0.51
3. Vinarski podrum	0.43
4. RO "Blagotin" - Belušić	1.93
S v e t o z a r e v o	
1. Gradske otpadne vode	21.86
2. Industrija kablova "Moša Pijade"	0.50
3. Fabrika lak žice	0.22
4. Fabrika poluprovodnika "Elmos"	0.63
5. Mesna industrija "Juhor"	0.99
6. Jagodinska pivara	0.31
7. Žitomlin	0.33
8. Livnica "Milan Mijalković"	3.89
9. Mlekara	0.43
10. Farma svinja u Dubokoj	69.59
11. Vinarski podrum "Navip"	0.37
12. Fabrika poljoprivrednih mašina Dragocvet	0.36

S v i l a j n a c

1. Gradske otpadne vode	1.03
2. Fabrika nameštaja CZ	0.74
3. Vijačna industrija VIS	0.52
4. Termoelektrana "Morava"	1.28
5. Farma u Kušiljevu	3.35
6. Farma u Sedlaru	95.12

T o p o l a

1. Gradske otpadne vode	0.78
2. Livnica	0.11
3. Vinski podrum "Oplenac"	9.44

Č u p r i j a

1. Gradske otpadne vode	0.83
2. Industrija šećera	4.89
3. Velmotrans	0.66
4. Farma svinja "Dobričevo"	0.44
5. Hemos	0.20

3. ZAKLJUČAK

Radioaktivnost otpadnih voda je u većini slučajeva manja od 1 Bq/l, to jest na nivou prirodnih voda je. Međutim, u izvesnom broju slučajeva izmerene su znatno veće vrednosti. Ovo je naročito zapaženo u otpadnim vodama sa farmi (Veliki Popović, Trska, Duboka, Kušiljevo, Sedlare i drugi). Ova povećana aktivnost potiče od K-40, koji se nalazi u stočnoj hrani zajedno sa kalijumom i od uranijuma koji se u tragovima nalazi u veštačkim dubrivima. Povećana aktivnost je otkrivena i u otpadnim vodama Rudnika mrkog uglja "Rembas". Ovo povećanje verovatno potiče od nizova U-238 i Th-232 čiji sadržaj raste sa dubinom tla.

Nisu vršene nikakve gama spektroskopske analize u cilju tačnog određivanja izotopskog sastava postojećih radio-nuklida. U daljem radu na ovoj problematiki planira se gama spektroskopska analiza uzorka koji pokazuju povećanu radioaktivnost.

4. SUMMARY,

Results of the total beta measurements in some waste waters are given. One finds that in some cases increase of the total beta activity is considerable.

5. REFERENCE

- (1) Đurić G., Petrović B., Praktikum za radijacionu higijenu, Naučna knjiga Beograd 1976.
- (2) Marković P., Milojević S., Nikezić D., Kostić D., Izveštaj po projektu: "Izučavanje prirodnog zračenja na teritoriji regiona Šumadije i Pomoravlja i razvoj detektorskih sistema i računskih modela za potrebe dozimetrije i zaštite od zračenja", PMF Kragujevac 1986.

KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI TRICIJA U OBORINAMA I VODOVODNOJ VODI U SJEVEROZAPADNOJ HRVATSKOJ NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

I.Krajcar Bronić, B.Obelić, D.Srdoč, E.Hernaus

Institut "Ruder Bošković", 41001 Zagreb, pp 1016, Yugoslavia

SAŽETAK

U okviru redovnog praćenja koncentracije aktivnosti tricija u oborinama mjerena je koncentracija aktivnosti tricija u dnevnim uzorcima oborina na području Zagreba i Plitvičkih jezera nakon akcidenta u Nuklearnoj elektrani Černobil. Najveća koncentracija aktivnosti tricija u oborinama ($10,4 \text{ Bq/l}$) opažena je 2. svibnja 1986. U vodovodnoj vodi Zagreba, kao ni na nekoliko bunara s područja Plitvičkih jezera, nije opažen porast koncentracije aktivnosti tricija.

UVOD

Koncentracija aktivnosti tricija u vodama mjeri se na Institutu Ruder Bošković od 1976. godine. U okviru suradnje s IAEA i WMO (Svjetska meteorološka organizacija) redovito se mjeri mjeseci uzorci oborina /1/. Također se već nekoliko godina redovito prati koncentracija aktivnosti tricija u oborinama i krškim izvorima s područja Plitvičkih jezera /2/.

26. travnja 1986. u 1h 23min dogodila se eksplozija u Nuklearnoj elektrani Černobil u Ukrajini, SSSR, koja je uzrokovala nekontrolirano izgaranje nuklearnog goriva, nakon čega su u atmosferu dospjeli velike količine radioaktivnog materijala /3/. Zračne struje su dva dana nakon akcidenta odnosile radioaktivni materijal prema Baltičkom moru i Skandinaviji. Formiranje ciklone u Đenovskom zaljevu 28. travnja uzrokovalo je promjenu smjera vjetra, te su radioaktivne zračne mase dospjele do Srednje i Južne Evrope. Hladna fronta prešla je preko zapadnih krajeva Jugoslavije 30. travnja. Najveći porast radioaktivnosti očekivan je između 1. i 2. svibnja zbog pomicanja ciklone preko naših krajeva prema istoku.

UZORKOVANJE I MJERENJE

Nakon prve informacije o akcidentu i o mogućoj kontaminaciji počeli smo sakupljati dnevne uzorke oborina u Zagrebu i na Plitvičkim jezerima, te kontrolirati koncentraciju aktivnosti tricija u vlazi u zraku /4,5/. Tokom slijedećih nekoliko dana uzeti su i uzorci vodovodne vode.

Sistem za mjerjenje koncentracije aktivnosti tricija sastoji se od višežičanog proporcionalnog brojača, oko kojeg se nalazi štit od nekoliko tona olova i sloj parafina pomiješanog s bornom kiselinom. Brojač se puni metanom na tlak 200 kPa. Metan se dobiva reakcijom uzorka vode s aluminijevim karbidom. Osnovno zračenje iznosi $(1,35 \pm 0,03) \text{min}^{-1}$, a efikasnost brojanja odgovara $4,0 \text{ Bq}(1 \text{ min})^{-1}$. Donja granica detekcije ovog sistema iznosi 0,2 Bq/l.

Koristeći metodu koju je predložio Povinec /6/ i koja je razvijena u našem Laboratoriju /7/ možemo kontrolirati čistoću brojačkog plina, te istovremeno otkriti eventualnu prisutnost drugih radioaktivnih izotopa (radon, fisioni produkti i sl.) u plinu.

REZULTATI

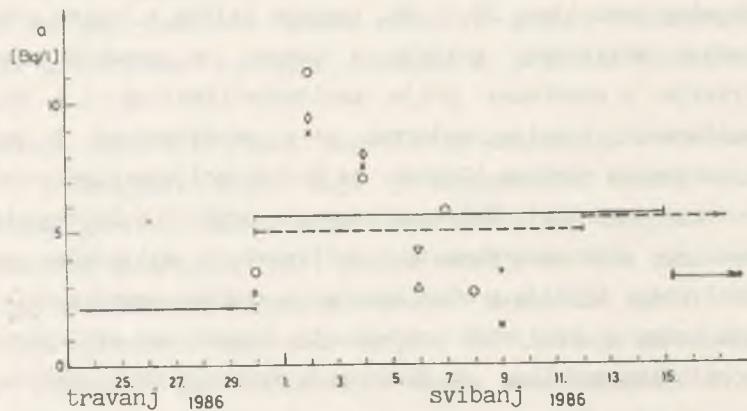
Dnevni uzorci oborina sakupljeni 29. i 30. travnja (slika 1.) nisu pokazali porast koncentracije aktivnosti tricija u odnosu na srednje mjesečne koncentracije tricija u oborinama prije akcidenta (Tablica 1.). Najveća koncentracija aktivnosti tricija izmjerena je u oborinama od 2. svibnja 1986. na sve tri kontrolne stanice (Zagreb, te Rodića poljana i meteorološka stanica na Plitvičkim jezerima). Maksimum odgovara približno četverostrukom povišenju u odnosu na očekivanu normalnu aktivnost. U slijedećim danima koncentracija aktivnosti tricija u oborinama se postepeno smanjivala, da bi 8. svibnja dosegla normalne proljetne vrijednosti. Ovakav pad aktivnosti je u skladu s meteorološkim modelima za disperziju radioaktivnih zračnih masa iznad Evrope.

Uzorci vlage iz zraka i oborina koji su sakupljeni u istom vremenskom razdoblju od 30. travnja do 15. svibnja imaju vrlo slične koncentracije aktivnosti tricija (5,6, odnosno 5,0 Bq/l), koja je oko dva puta viša nego se očekuje u normalnim uvjetima. Da spomenemo, usporedbe radi, da je koncentracija aktivnosti tricija u oborinama sakupljenim tokom svibnja 1985.

iznosila ($3,0 \pm 0,2$)Bq/l. U vodovodnoj vodi Zagreba, kao ni u bunarima na Plitvičkim jezerima koji se koriste za snabdijevanje stanovništva vodom, nije opažen porast koncentracije aktivnosti tricija.

Tablica 1: Srednja mjeseca koncentracija aktivnosti tricija u oborinama u Zagrebu tokom 1986. godine

mjesec	konz. akt. (Bq/l)
siječanj	2,42 \pm 0,20
veljača	3,20 \pm 0,22
ožujak	1,56 \pm 0,20
travanj	2,13 \pm 0,20
svibanj, 1.-15.	5,58 \pm 0,23
svibanj, 16.-31.	3,22 \pm 0,23
lipanj	4,03 \pm 0,23
srpanj	2,76 \pm 0,21
kolovoz	1,10 \pm 0,20
rujan	2,15 \pm 0,19
listopad	1,18 \pm 0,19
studen	1,75 \pm 0,20
prosinac	0,93 \pm 0,18



Slika 1: Koncentracija aktivnosti tricija u dnevnim uzorcima oborina (o Zagreb, x meteorološka stanica Plitvice, ◊ Rodića poljana), u vodovodnoj vodi (▽ Zagreb, Δ Plitvice), u bunarima (*), u oborinama sakupljenim kroz duže razdoblje (—), te u vlazi u zraku (— —)

Povišenje godišnje doze koju primi stanovništvo zbog povišene koncentracije aktivnosti tricija u oborinama, uz pretpostavku da se ukupna količina oborina koristila za piće u toku jedne godine, procijenjena je na $5 \cdot 10^{-3}\%$ godišnje doze od prirodnog zračenja, koja iznosi 2 mSv.

ZAKLJUČAK

Utjecaj radioaktivnih zračnih masa s povećanom koncentracijom aktivnosti tricija bio je vrlo kratkotrajan iznad sjeverozapadne Jugoslavije. Pošto oborine tokom prvi dana svibnja nisu bile obilne, zaključujemo da je kontaminacija vode u akviferima zanemariva, što potvrđuju i mjerena koncentracije aktivnosti tricija u krškim izvorima nakon akcidenta, kao i u vodovodnoj vodi grada Zagreba.

LITERATURA

1. Environmental Isotope Data, No.7 and 8: World Survey of Isotope Concentration in Precipitation (1976-1979 and 1980-1983), Tech. Rep. Ser. No.226 and No. 264, IAEA, Vienna, 1983 and 1986
2. N.Horvatinčić, B.Obelić, D.Srdoč, I.Krajcar, XI Regional Congress of IRPA, Vienna 1983, Proc. of, 209
3. Nucl. Europe 6 (1986)
4. T.Florkowski, M.Nawalny, Nukleonika 19 (1974) 329
5. A.Sliepčević, I.Krajcar Bronić, E.Hernaus, XIII Jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Pula 1985, Zbornik radova, 81
6. P.Povinec, Int.J.Appl.Radiat.Isotop. 32 (1981) 729
7. I.Krajcar Bronić, B.Obelić, D.Srdoč, Nucl.Instr.Meth. B 17 (1986) 498

ABSTRACT

Tritium activity of samples of precipitation collected daily in Zagreb and Plitvice Lakes, Yugoslavia, was measured after the accident at the Nuclear Power Plant Chernobyl in USSR. Tritium activity peak in rainwater was observed on 2 May. The tritium activity of water supply of Zagreb and in several wells in Plitvice Lakes area showed no increase after the accident. The influence of radioactive air masses containing higher tritium activity was very short over NW Yugoslavia and the amount of precipitation was not abundant, leading to the negligible contamination of water in aquifers and tap water supplies.

Dr Nina Drndarski, naučni saradnik

Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Institut "Boris Kidrič", Vinča, pp. 522

MODELIRANJE TRANSFERA I BIOAKUMULACIJE RADIONUKLIDA PRI NAVODNJAVAĆANJU

Za procenu transfera radionuklida kroz životnu sredinu i njihovu bioakumulaciju razvijen je model BIOMOVS (1,2,3). Koncentracije radionuklida u raznim delovima biosfere izračunavaju se u funkciji od date koncentracije radionuklida ispuštenih u vazduh, površinsku i podzemnu vodu za specifični vremenski period. U okviru BIOMOVS – a razvijen je matematički model/kompjuterski program BIOPATH za procenu radiološke posledice po biosferu pri navodnjavanju podzemnom vodom, koja je kontaminirana radionuklidima (Np-237 sa čerkama U-233 i Th-229, i Tc-99, naprimjer) i drugim kontaminantima u trgovima.

Navodnjavanje je vršeno na dva načina:

- kontaminirana voda se pušta kroz kanale za navodnjavanje tako da se biljka kontaminira preko korena
- navodnjavanje raspršivanjem tako da se biljka kontaminiра preko nadzemnog dela, direktno, i preko korena, indirektno.

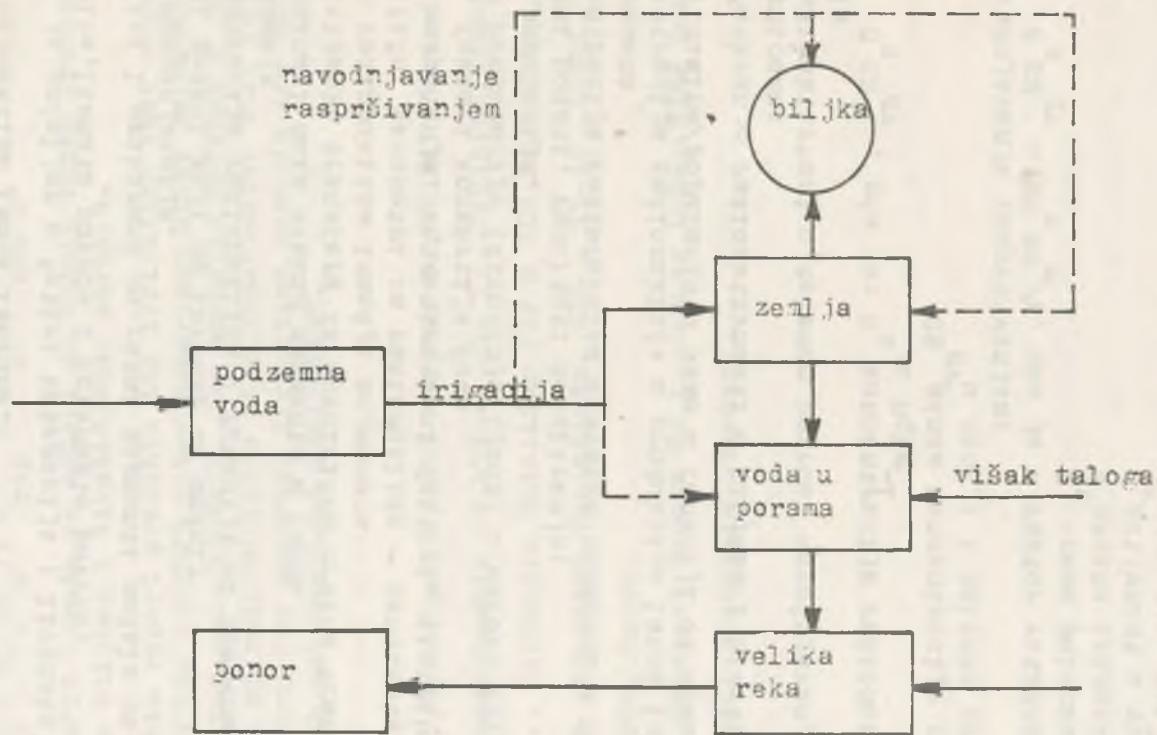
U modelu je zemljишte uzeto kao homogeni sloj debljine 25 cm. Kako je model programiran za vremenske intervale od 1 do 10 000 godina, razlika izmedju preorane i neoranje zemlje je zanemarljiva.

Opis modela BIOPATH.

Model BIOPATH omogućava uporedjivanje izračunatih doza sa zakonom određenim standardima u cilju zaštite pojedinca i stanovništva (naprimjer, ekvivalent godišnje primljene doze za pojedinca od 10 mrem/god.).

Model je konzervativan zbog aproksimacije u izboru parametara i njihove ekstrapolacije na duge vremenske periode.

Model biosfere izdeljen je na posebne segmente i za svaki od njih posebno se računa transfer radionuklida u



SLIKA 1. SEGMENTI BIOSFERE I PLUKSEVI VODE ZA NAVODNJAVANJE

funkciji od vremena. Ovaj dinamički model opisuje se kuplovanim diferencijalnim jednačinama prvoga reda. Lanac ishrane prilagoden je odgovarajućim segmentima. Lanac ishrane zahteva faktore stacionarnog transfera, jer se podrazumeva ravnoteža izmedju koncentracije u raznim segmentima lanca ishrane.

Model je podeljen u četiri kategorije : livadska trava, žitarice, lisnato povrće i korenasto povrće.

Na slici 1 prikazani su razni segmenti modela za oba načina navodnjavanja.

Ulagani podaci koji se koriste za model:

Koncentracija radionuklida u funkciji od vremena na mestu ispuštanja

Zapremina i masa svakog segmenta u lancu

Koeficijenti transfera za specifične brzine transfera po jedinici radionuklida izmedju segmenta

Specifični parametri za radionuklide - konstanta radioaktivnog raspadanja, koncentracioni faktori, distribucionii faktori, faktori konverzije doze

Način konzumacije (životinje/ljudi) i uslovi života

Broj populacije.

Izlazni podaci, rezultati modeliranja:

Koncentracija radionuklida u svakom segmentu u funkciji od vremena

Koncentracija radionuklida u produktima lanca ishrane

Individualne/populacione doze u funkciji od vremena.

Izračunavanje radioaktivnosti u biljnim i životinjskim namirnicama:

a) radioaktivnost u zelenom povrću, navodnjavanje sistemom kanala

$$C_s \frac{CR}{GV}, \text{ gde je: } C_s \text{ koncentracija radionuklida u zemlji} \\ \text{u } Bqkg^{-1}$$

$$CR \frac{GV}{GV} \text{ odnos koncentracije radionuklida} \\ \text{u zemlji i zelenom povrću}$$

- navodnjavanje raspršivanjem:

$$C_s \frac{CR}{GV} + N \frac{T_v}{V} \frac{W}{W} \frac{C_w}{Y}, \text{ gde je } N \text{ faktor retencije} \\ T_v \text{ vreme poluraspađa, d}^{-2} \\ W \text{ brzina irigacije, } m^{-1} \\ C_w \text{ aktivnost u vodi za navod} \\ \text{njavjanje, } BqL^{-1} \\ Y \text{ biljna masa, kg m}^{-1}$$

b) radioaktivnost u mleku za kanalsko navodnjavanje

$$C_s \frac{CR}{P_{onp}} C_{onp} + x C_s + C_{onw} \frac{C_w}{W}$$

gde je C_{onp} dnevna konzumacija trave, kayl.tež.d^{-1}
 C_{onw} dnevna konzumacija vode, ld^{-1}
 x dnevna konzumacija zemlje, kayd^{-1}

-navodnjavanje raspršivanjem:

$$C_s \text{CR}_p + NT_v \text{WC}_w / Y C_{\text{onp}} + x C_s + C_{\text{onw}} C_w.$$

Na sličan način izvode se modeli za ostale razne prehranbe ne proizvode biljnog i životinjskog porekla.

Abstract. This report presents the irrigation test scenario presented in the BIOMOVS intercomparison study calculated by the computer code BIOPATH. The scenario defines a constant release of radionuclides into groundwater that is used for irrigation. Two separate irrigation methods are considered - ditch and overhead irrigation.

Literatura.

- 1) Edlund O., Bergstrom U. and Roejder B., BIOPATH Manual. Studesvik Energiteknik AB, 1987 - 05- 27, Nykoping, Sweden.
- 2) Grogan H., Biosphere Modelling for a HLW Repository, Scenario and parameter variations. NTB - 85-48 , NAGRA, CH -5401, 1985, Baden.
- 3) BIOMOVS. Progress Report No.1, Januar 1986, NIRP Box 60204, S -10401 Stockholm, Sweden.

R.G. RADOVANOVIC
MEDICINSKI FAKULTET - INSTITUT
ZA BIOFIZIKU, BEOGRAD

M. DŽAMBASEVIĆ
VOJNA AKADEMIJA KOPNENE VOJSKE,
BEOGRAD

JONSKO STANJE VAZDUHA U RADONSKIM BANJAMA

UVOD

Istraživanja jonskog stanja u prizemnom sloju vazduha prikazana u ovom radu odnose se na lokaciju Sokobanja. Ova banja odlikuje se umereno kontinentalnom klimom, toplim izvorima vode koja sadrži alkalno-radioaktivne supstancije. Takođe je evidentno prisustvo radioaktivnih supstancija u vazduhu, pretežno radona i potomaka.

U vreme naših merenja koncentracija radona-222 u vazduhu su se kretala od $0,111 \text{ Bq/l} \pm 27,75 \text{ Bq/l}$.

Radon u vazduhu kao i njegovi potomci utiču na stvaranje jona oba znaka pa postoji mogućnost praćenja koncentracije jona u vazduhu u zavisnosti od intenziteta njegove ekshalacije (1).

Jonsko stanje u prizemnom sloju vazduha reprezentuje čitav niz parametara koji su od bitnog interesa za čoveka. Pored merenja koncentracije negativnih i pozitivnih jona mereni su i meteorološki parametri pritisak, temperatura i relativna vlažnost koji utiču na koncentraciju jona (1,2). Na osnovu koncentracije jona izračunati su koeficijenti unipolarnosti (q) u vazdušnoj sredini kao odnos koncentracije pozitivnih i negativnih jona (1,2).

Materijal i metod rada

Za merenje koncentracija lakih jona korišćen je jonometar MGK-01 BN 20831 B zasnovan na usisavanju vazduha kroz cilindrični kondenzator. Protok vazduha koji se iskoristi za merenje je $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$. Brzina usisnog vazduha iznosi $1,6 \text{ ms}^{-1}$. Uredjaj je podešen za graničnu pokretljivost od $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{v}^{-1} \text{s}^{-1}$ čime se teški joni isključuju.

Merenje koncentracija negativnih i pozitivnih jona u prizemnom sloju vazduha je obavljen na otvorenom prostoru, i to 2 m iznad tla i u zatvorenim prostorijama u Sokobanji. Merenja su realizovana 1986. godine.

Rezultati rada i diskusija

Srednje izmerene vrednosti koncentracije jona i izračunati koeficijent unipolarnosti prikazani su u tabelama 1. i 2.

Vrednosti koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu Sokobanje na otvorenom prostoru su < 1 , dok su u Beogradu, radi poredjenja, vrednosti ovog koeficijenta 1,20 (1,2). Vrednosti ovog koeficijenta za zatvoren prostor u Sokobanji takođe su $q < 1$, a dok su u Beogradu $q = 1,40$.

Polazeći od činjenice da koeficijent q zavisi od higijenskog stanja vazduha ili bolje rečeno on je pokazatelj tog stanja (1), može se konstatovati, na osnovu ovih rezultata, da je vazdušna sredina Sokobanje daleko povoljnija za životne i radne uslove nego vazdušna sredina u Beogradu.

Zaključak

Rezultati ispitivanja jonskog stanja vazduha u Sokobanji su pokazala da je koncentracija negativnih jona veća od koncentracije pozitivnih jona, što uslovljava da su vrednosti koeficijenta unipolarnosti < 1 . Ovakvo stanje vazdušne sredine ukazuje da je zagadjenost vazduha u Sokobanji neradioaktivnim supstancijama veoma mala.

Abstract

XIV Yugoslav Symposium on Protection of Radiation, Novi Sad, June 8-11, 1987, Radovanović R. Džambasević M. Jonic state of the Air in Radionic Resorts.

An average concentration of light ions in Sokobanja air is, in the open air $n^- = 547 \cdot 10^{6-3} \text{ m}^{-3}$, $n^+ = 386 \cdot 10^{6-3} \text{ m}^{-3}$ ($q=0,60$) which is hygienically very satisfactory (resort, ion, radon, state, air).

Literatura

- 1) DŽAMBASEVIĆ M. Dinamika procesa prirodne jonizacije vazduha i koeficijent unipolarnosti jona (Disertacija). Kragujevac, Jugoslavija: Univerzitet "Svetozar Marković" u Kragujevcu, 1985. 127 str.
- 2) RADOVANOVIC R., DŽAMBASEVIĆ M., Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. U: Jedanaesti simpozijum o zaštiti od zračenja, održan u Portorožu 1981: Zbornik radova. Portorož, 1981: 132 - 137.

TABELA 1. Srednje vrednosti koncentracije jona i koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu na otvorenom terenu u Sokobanji

Red. br.	LOKACIJA	P (Pa) ^o	T (K)	Rv (%)	Joni $n \cdot 10^6 m^{-3}$	Joni $n \cdot 10^6 m^{-3}$	Joni $(n^- + n^+) \cdot 10^6 m^{-3}$	q	Broj mere- nja
1.	Šetalište RH centra	101396	300	62	470 \pm 7	360 \pm 12	830 \pm 9	0,76 \pm 0,05	16
2.	Terasa ispred RH centra	101396	300	62	580 \pm 35	330 \pm 16	910 \pm 26	0,57 \pm 0,03	14
3.	Terasa RH centra ispod radioaktivnog gromobrana	101396	297	67	592 \pm 49	520 \pm 80	1112 \pm 60	0,88 \pm 0,06	14
4.	Park "Banjica"	98526	295	70	596 \pm 41	395 \pm 10	991 \pm 25	0,66 \pm 0,03	14
5.	Park "Staro kupatilo"	98526	297	70	544 \pm 59	378 \pm 23	922 \pm 41	0,69 \pm 0,05	14
6.	Izletište "Lepterija"	97927	302	62	502 \pm 31	324 \pm 9	826 \pm 20	0,65 \pm 0,03	14
S R E D N J E		99861	295	65	547 \pm 37	384 \pm 26	931 \pm 30	0,70 \pm 0,04	

TABELA 2. Srednje vrednosti koncentracije jona i koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu zatvorenih prostorija u Sokobanji

Red. br.	LOKACIJA	P (Pa)	T (K)	RV (%)	Joni $n^- \cdot 10^6 m^{-3}$	Joni $n^+ \cdot 10^6 m^{-3}$	Joni $(n^- + n^+) \cdot 10^6 m^{-3}$	q	Broj merenja
1	Inhalatorijum RH centra, uklju- čeno 25 uredjaja	101396	296	65	700 \pm 19	520 \pm 14	1220 \pm 16	0,74 \pm 0,04	14
2	RH-centar sala za rekreaciju	101396	297	65	570 \pm 17	440 \pm 17	1010 \pm 16	0,77 \pm 0,05	14
3	U halu RH - cen- tra	101396	296	60	450 \pm 10	360 \pm 8	810 \pm 9	0,80 \pm 0,06	14
4	"Banjica" kupa- tilo prisutno 40 pacijenata	98526	295	70	585 \pm 18	597 \pm 16	1182 \pm 17	1,02 \pm 0,02	14
5	Staro kupatilo u Parku prisut- no 10 pacije- nata	98526	297	70	544 \pm 59	378 \pm 23	922 \pm 41	0,69 \pm 0,05	14
6	Sala za "Badi test" RH-centar	97793	297	80	330 \pm 27	170 \pm 6	500 \pm 17	0,51 \pm 0,05	14
7	Sala za sednice RH-centar rpo- vetrena	97793	297	67	423 \pm 10	242 \pm 16	665 \pm 15	0,57 \pm 0,04	14
S R E D N J E		99850	296	68	514 \pm 22	386 \pm 14	900 \pm 18	0,75 \pm 0,04	

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Novi Sad, 8.-11. lipnja 1987.

SEZONSKE VARIJACIJE ATMOSFERSKOG RADONA U OSIJEKU

Planinić, J.

Pedagoški fakultet, Osijek

Uvod

Aktivnost prirodnih radionuklida u atmosferi bila je potcjenjivana dugo vremena, kao i utjecaj njihovog zračenja na ljudsko zdravlje. Istraživanja izvedena posljednjih godina pokazuju da udisanje radionuklida koji se nalaze normalno u zraku daje čovjeku ekvivalentnu dozu zračenja koja premašuje ukupnu dozu od svih drugih prirodnih izvora ionizirajućih zračenja (1). Najznačajniji izvor radioaktivnosti u zraku je izotop plinovitog radona ^{222}Rn , uzimajući u obzir i njegove kratkoživuće radioaktivne potomke. Statistička istraživanja pokazuju značajnu korelaciju između koncentracije radona u zraku i učestalosti karcinoma pluća (2). Plemeniti plin radon nastaje u tlu i stijenama kao i u geološkom građevnom materijalu, nalazi se u vodi, prirodnom plinu, a oslobađa se i pri izgaranju ugljana, te u nuklearnim elektranama (3). Od mjesta nastanka radon difundira kroz porozni materijal u atmosferu gdje se miješa sa zrakom i udisanjem dolazi u dišni sustav čovjeka.

Radionuklid ^{222}Rn nastaje u alfa raspadu radija ^{226}Ra , a zatim se i sâm raspada s vremenom poluraspada od $t_{1/2} = 3,8$ dana uz emisiju alfa čestice s energijom od 5,5 MeV ($8,8 \cdot 10^{-13}$ J). Biološki najznačajniji radioaktivni potomci radona su radioizotopi polonija ^{218}Po ($t_{1/2} = 3,08$ min) i ^{214}Po ($t_{1/2} = 164/\mu\text{s}$), koji su alfa emiteri, te olova ^{214}Pb .

($t_{1/2} = 26,8$ min) i bizmuta ^{214}Bi ($t_{1/2} = 19,7$ min) koji su beta i gama emiteri. Svi navedeni nuklidi pripadaju velikom radioaktivnom nizu urana ^{238}U koji ima vrijeme poluraspada $4,5 \cdot 10^9$ godina, dok niz završava stabilnim izotopom olova ^{206}Pb . Uran i njegovi potomci, pa i radij, nalaze se prirodno u tlu; koncentracija radija u normalnom tlu je oko 30 Bq/kg (4).

Koncentracija aktivnosti radona u zraku mijenja se s godišnjim dobima, pa u mjesecima kolovozu i prosincu, kada je turbulencija zraka najmanja, koncentracija radona je nekoliko puta veća nego u proljetnim mjesecima. Količina radona u atmosferi zvisi svakako o vrsti tla, a smanjuje se približno eksponencijalno s visinom iznad površine zemlje (5).

U zatvorenim prostorijama koncentracija radona je nekoliko puta veća nego u slobodnoj atmosferi, zvisno o građevnom materijalu zgrade i ventilaciji prostorije.

Metoda mjerena

Koncentracija aktivnosti radona u zraku bila je izmjerena pomoću detektora tragova alfa čestica LR-115, tip 2, proizvodnje Kodak-Pathé. Filmovi LR-115 veličine $3 \times 1,5 \text{ cm}^2$ bili su izlagani atmosferi u plastičnim čašama otvoreno i zatvoreno s filter papirom površinske gustoće $77,5 \text{ kg/m}^2$, koji je zadržavao potomke radona uhvaćene na čestice aerosola a propuštao plinoviti radon. Poslije izlaganja u vremenu od četiri tjedna, filmovi su bili jetkani u 10 % otopini NaOH (2,5 M NaOH) pri temperaturi od 60°C (333 K) u trajanju od 85 minuta. Tragovi alfa čestica na filmu bili su brojni vizualno pomoću mikroskopa povećanja 10×16 .

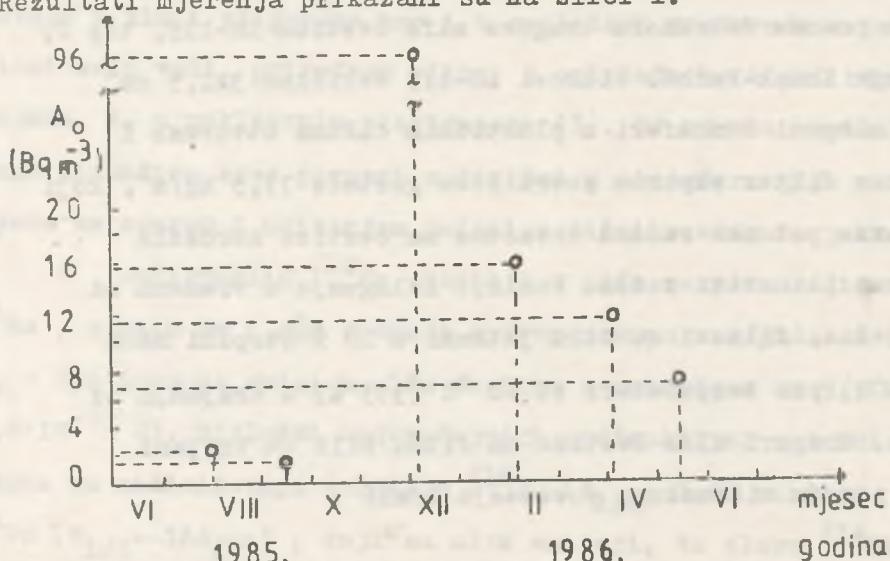
Koncentracija radona A bila je određena prema slijedećoj relaciji:

$$A = K N$$

gdje K označuje koeficijent osjetljivosti detektora dok N predstavlja broj neto tragova na filmu po jedinici površine i po jedinici vremena. Za standardne uvjete jetkanja filma LR-115 bila je odabrana poznata vrijednost koeficijenta osjetljivosti $K = 20 \text{ Bq m}^{-3} \text{tr}^{-1} \text{cm}^2 \text{ d}$ (6), gdje uz uobičajene SI jedinice označke tr i d označuju trag i dan. Vrijednost N određena je kao srednja vrijednost od stotinu mikroskopskih polja veličine $0,0113 \text{ cm}^2$; srednja vrijednost broja tragova neizlaganog filma (osnovno zračenje) bila je blizu 0,4.

Rezultati i diskusija

Mjerenje koncentracije radona u zraku u Osijeku bilo je izvedeno na otvorenom balkonu četvrtog kata stambene zgrade (A_o) i u podrumu (A_i) u toku 1985. i 1986. godine. Rezultati mjerenja prikazani su na slici 1.



Slika 1. - Koncentracija radona u 1985. i 1986. godini u zraku u gradu Osijeku.

Srednja vrijednost koncentracije radona u slobodnoj atmosferi u drugoj polovici 1985. i prvoj polovici 1986. godine bila je $\bar{A}_0 = 7,5 \text{ Bq m}^{-3}$, ne uzimajući u obzir visoku vrijednost koncentracije A_0 (XII) u prosincu koja nije razumljiva u potpunosti. Koncentracija radona u svibnju 1986. iznosila je $A_0(V) = 6,8 \text{ Bq m}^{-3}$, što pokazuje da nije bilo značajnog povećanja alfa radioaktivnosti u zraku grada Osijeka za vrijeme i poslije poznatog nuklearnog akcidenta u Černobilu.

Koncentracija radona u zatvorenoj prostoriji (A_1) mijenjala se tokom godine slično kao A_0 , a njena srednja vrijednost bila je tri puta veća nego u slobodnoj atmosferi ($\bar{A}_1/\bar{A}_0 = 3$).

Abstract

Seasonal variations of atmospheric radon in Osijek

Indoor and outdoor radon concentrations were measured by means of track etch detector Kodak LR-115 in Osijek during 1985. and 1986. Annual mean values of radon concentration were 7.5 and 22.5 Bq m^{-3} outdoor and indoor respectively. The measurements didn't show any significant increasing of the alpha activity in the air of the town Osijek during and after the known Chernobyl accident in April and May 1986.

Keywords: radon, track etching.

Literatura

- 1) STEIHAUSLER F, HOFMANN W, POHL E. and POHL-RULING J. Radiation exposure of the respiratory tract and associated carcinogenic risk due to inhaled radon daughters, Health Phys. 1983; 45:331-337.
- 2) CLIFF K, WRIXON A, GREEN B. and MILES J. Radon daughter exposures in the U.K., Health Phys. 1983; 45: 323-328.
- 3) SUBBA RAMU M. and MURALEEDHARAN T. Evaluation of inhalation risk from man made and natural sources of atmospheric radon, Proceedings of the 6th International IRPA Congres, Berlin, 1984: 81-85.
- 4) BUDNITZ R, Radon-222 and its daughters. A review of instrumentation for occupational and environmental monitoring, Health Phys. 1974; 26: 145-163.
- 5) Gesell T, Background atmospheric ^{222}Rn , Health Phys. 1983; 45:289
- 6) MAKELAINEN I, Calibration of bare LR-115 film for radon measurements in dwellings, Radiat. Prot. Dosim. 1984; 7:195-197.

IMISIJSKE KONCENTRACIJE I-131 V ZRAKU V SR SLOVENIJI
V MARCU 1987

Dušan Brajnik, Matjaž Korun, Uroš Miklavžič
Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja v Ljubljani

Izvleček

V prvi polovici marca 1987 smo izmerili v okolici NE Krško povečane koncentracije I-131 v zraku. Izmerjene koncentracije so približno tisočkrat manjše od koncentracij, izmerjenih v tem času v ZR Nemčiji.

UVOD

V aprilu so nekateri časopisi, predvsem v ZRN objavili sporočilo, da so v Zahodni Nemčiji, Švici in Avstriji ugotovili povečane koncentracije jodovih in ksenonovih izotooov, pred vsem I-131 in Xe-133. Po teh sporočilih so bile koncentracije I-131 v ZRN vsaj stokrat nižje kot po černobilski katastrofi, torej reda velikosti 0.2 Bq/m^3 , glede na meteorološko situacijo pa je najverjetneje, da je bil izostanek nekje na vzhodu.

MERITVE IN REZULTATI

Na ozemlju SR Slovenije smo zaznali le I-131 v ogljenih filtrih, ki so namenjeni nadzoru NE Krško. Po prečna 14-dnevna koncentracija na petih lokacijah v okolici NEK je znašala le $(9.3 \pm 1.9) \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$ v prvi polovici marca 1987 in $(0.6 \pm 1.0) \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$ v drugi polovici marca 1987. Rezultati posameznih nadzornih postaj se lepo ujemajo (tabela 1).

Meritve dokazujojo, da tokrat radioaktivno onesnaženje ni bilo usmerjeno k nam. obenem pa kažejo, da bi bilo nujno vzpostaviti celotno mrežo takih postaj, saj bi le tako lahko natančneje locirali izvor.

Tabela 1.

Specifične aktivnosti $I-131$ v zraku na posameznih lokacijah v okolici NE Krško. Vrednosti so podane v 10^{-5} Bq/m^3 .

Lokacija	Stari Grad	Stara Vas	Brege	Vihre	G. Lenart
1.-15.3.	7 ± 4	22 ± 7	6 ± 5	11 ± 3	4 ± 7
15.-30.3.	< 2	3 ± 2	4 ± 3	< 4	3 ± 2

Opomba: Napake ori posameznih vrednostih so standardne devijacije statistične napake.

Abstract

In the first half of March, 1987, in the vicinity of the Krško NPP airborne $I-131$ has been detected. The measured concentrations are about thousand times smaller than the reported concentrations from FR Germany.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 8. - 11. 06. 1987. godine

Kljajić R., Horšić E., Milošević Z., Mihalj A.
Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta
Sarajevo, V. Putnika 134.

UPOREDNA ANALIZA GAMAFONA U TOKU 1985. - 1986. GODINE U NEKIM
OBLASTIMA BOSNE

Rezime

U radu su uporedjene vrijednosti gamaspektrometrijskog in situ mjerjenja gamafona na sedam lokaliteta u BiH izmjereno tokom 1985. i 1986. godine.

Dobijeni rezultati ukazuju da je depozicija Cs-137 u drugoj polovini 1986. godine bila za 6-66 puta veća u odnosu na 1985. godinu.

Uvod

Pored osnovnih izvora radijacionog fona koga sačinjavaju kosmičko i terestrijalno zračenje, čovjek je svojom djelatnošću uveo u životnu sredinu i nove vještačke izvore radioaktivnosti od kojih su najznačajniji produkti fisije nastali uslijed nukleranih eksplozija vršenih u atmosferi kao i uslijed rada nuklearnih energetskih postrojenja. Rezultat ove aktivnosti je emisija radioaktivnog zračenja iz ovih izvora koja rezultira određenim dozama ozračivanja populacije (1-3).

Za proučavanje bilo kakve naknadne radioaktivne kontaminacije životne sredine, poznavanje radijacionog fona ima fundamentalan značaj, jer on predstavlja osnovu na kojoj se grade svi kasniji kriterijumi i norme radijacione sigurnosti populacije, odnosno procjenjuje radijacioni rizik (4,5).

Materijal i metode rada

Istraživanja su provedena na 7 lokaliteta u BiH tokom 1985. i 1986. godine u istom vremenskom periodu - mjesec oktobar. Mjerjenja su izvršena setom za terensku in situ gamaspektrometriju - čisti germanijev detektor (HPGe) i lo24 kanalni analizator. Detektor je bio postavljen na 1 m iznad tla a iz dobiti-

jenih gamaspektara izračunata je aktivnost i ekspozicionala doza gama zračenja za svaki radionuklid posebno. Izračunavanje je izvršeno na osnovu brzine brojanja u piku po jedinici aktivnosti radionuklida korištenjem korekcionih faktora dobijenih kalibracijom detektora (3) iz jednačina predloženih od strane Beck-a i saradnika (1).

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati dati su u tabeli 1. i 2. Analiza dobijenih vrijednosti ukazuje da je u 1986. godini došlo do značajnog povećanja aktivnosti fisionih radionuklida, dok su vrijednosti za prirodne radionuklide u oba perioda mjerena ostale na istom nivou.

Aktivnost Cs-137 u 1986. godini porasla je za 5 - 66 puta u odnosu na vrijednosti dobijene u 1985. godini. Istovremeno u 1986. godini registrovano je i prisutvo Cs-134 čija je aktivnost u prosjeku iznosila 30 - 40% aktivnosti Cs-137.

Tabela 1. Nivoi aktivnosti izračunati nakon in situ mjerjenja HPGe detektorom

Lokalitet	Godina	Bq . kg ⁻¹	kBc . m ⁻²	Cs-134
		K-40		
1.	1985.	217	29	-
	1986.	207	25	24,67
2.	1985.	227	23	-
	1986.	202	23	21,97
3.	1985.	187	19	-
	1986.	205	19	5,64
4.	1985.	281	29	-
	1986.	243	31	5,57
5.	1985.	226	32	-
	1986.	237	36	7,55
6.	1985.	130	33	-
	1986.	105	28	14,24
7.	1985.	220	26	-
	1986.	187	29	1,15

**Tabela 2. Ekspozicione doze gama zračenja na 1 m iznad tla
nakon in situ mjerena HPGc detektorom ($\text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)**

Lokalitet	Godina	K-40	U-238	Cs-134	Cs-137
1.	1985.	7,5E-5	10,4E-5	-	7,3E-6
	1986.	6,8E-5	9,3E-5	1,1E-4	6,6E-4
2.	1985.	7,9E-5	8,2E-5	-	12,3E-6
	1986.	6,6E-5	8,7E-5	9,6E-5	5,7E-4
3.	1985.	6,1E-5	6,6E-5	-	6,8E-6
	1986.	7,1E-5	6,6E-5	2,5E-5	1,1E-5
4.	1985.	9,8E-5	6,8E-5	-	7,3E-6
	1986.	8,4E-5	7,8E-5	2,5E-5	1,8E-5
5.	1985.	7,9E-5	9,5E-5	-	7,0E-6
	1986.	8,2E-5	13,0E-5	3,4E-5	1,9E-5
6.	1985.	4,5E-5	11,8E-5	-	3,0E-5
	1986.	3,6E-5	9,9E-5	6,4E-5	3,7E-4
7.	1985.	7,6E-5	9,3E-5	-	1,3E-5
	1986.	6,6E-5	10,9E-5	5,2E-6	1,1E-5

Uslijed povećanja fisionih radionuklida u tlu došlo je i do značajnog povećanja ekspozicionih doza gama zračenja porijeklom od Cs-134 i Cs-137. Povećanje je u prosjeku iznosilo 1 - 2 reda veličine u odnosu na doze izmjerene tokom 1985. godine. Ukupna doza Cs-134 i Cs-137 izmjerena u 1986. godini dostizala je vrijednosti doza porijeklom od K-40 i U-238 a na nekim lokalitetima i znatno premašivala njihovu vrijednost.

Analizirajući dobijene vrijednosti izmedju pojedinih lokaliteta uočava se da je depozicija fisionih radionuklida, koja je uslijedila nakon havarije nuklearne elektrane u Černobilju-SSSR, bila dosta neravnomjerna čak i izmedju dva bliska lokaliteta.

Zaključci

1. Kao posljedica havarije nuklearne elektrane u Černobilju došlo je do povećanja radioaktivnosti Cs-137 na teritoriji BiH izmedju 6 i 66 puta u odnosu na aktivnosti izmjerene u ranijem periodu.

2. Stepen kontaminacije tla pojedinih regiona bio je neravnomjeren a razlike izmedju dva bliska regiona dostizale su i faktor 10, što je bilo uzrokovano lokalnim meteoroškim prilikama u vrijeme prolaska radioaktivnog oblaka.

Literatura

1. Beck H.L., Decampo J.A., Gogolak C.V.: In situ Ge(Li) and NaI(Tl) gammaray spectrometry. HASL-258, 1972.
2. Beck H.L.: Exposure rate conversion factors for radionuclides deposited on the ground. EML-378, 1980.
3. Kljajić R.: Prilog poznavanju transfera stroncijuma-90 i cezijuma-137 u odredjenom ekološkom lancu sa postavljanjem modela prognoze (Doktorska disertacija). Veterinarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1984. 141 str.
4. Kljajić R.: In-situ mjerjenje gamafona HPGe detektorom na teritoriji BiH. Čovjek i životna sredina 1984; 6:21-22
5. Kljajić R.: Primjena metode "In situ" mjerjenja gamafona poluprovodničkim detektorom. XIII Simpozijum JDZZ održan u Puli 1985. Zbornik radova. 21-24.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM ON RADIATION PROTECTION
Novi Sad, July 8-11, 1987.

Kljajić R., Horšić E., Milošević Z., Mihalj A.
Veterinary Faculty, University of Sarajevo

A COMPARATIVE ANALYSIS OF GAMMAPHONES IN CERTAIN PARTS OF
BOSNIA AND HERCEGOVINA DURING 1985-1986

Abstract

The paper provides a comparison of values of gammascintometric in situ measurements of gammaphones taken at seven localities in Bosnia and Herzegovina in the course of 1985 and 1986. The obtained results indicate that the deposition of Cs-137 increased in the second part of 1986 6 - 66 times as compared to 1985.

XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja

Novi Sad, 8-11. 06. 1987. godine

RADIOAKTIVNOST TERMOELEKTRANA NA UGLJEN

Marović, G., Bauman, A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

SAŽETAK

Tokom proteklih godina nadjeno je u nizu zemalja da pojedini ugljeni prosječno sadrže 1-2 ppm urana, 3-4 ppm torija, a često puta i znatno više.

Klasične elektrane predstavljaju veću opasnost obzirom na vrstu i količinu ispuštenog radioaktivnog materijala od odgovarajućih nuklearnih elektrana iste snage.

Kod suvremenih termoelektrana opasnost od zagadjivanja okoline prirodnom radioaktivnošću znatno je smanjena ako rade pod optimalnim uvjetima, jer djelotvorni elektrofiltrirni maksimalno sprečavaju emisiju (99,5%).

Pri proizvodnji električne energije ugljen izgara u energani na temperaturama od 1200 do 1700 °C.

Radionuklidi iz uranovog i torijevog niza iz sagorjelog ugljena rasporedjuju se na šljaku i pepeo (bilo precipitatorski bilo leteći) osim plinova i hlapljivih minerala koji se uključuju direktno u dimne plinove.

Zbog eliminacije organske komponente ugljena dolazi do povećane koncentracije aktivnosti u pepelu u odnosu na ugljen i to za faktor 5-10. S tim u vezi koncentracije prirodnih radionuklida u pepelu i šljaci nastalih izgaranjem ugljena mnogo su veće od odgovarajućih koncentracija u Zemljinoj kori.

Manje čestice pepela koncentriraju neke radionuklide na svojoj površini tokom hladjenja vrućih dimnih plinova na putu od kotla do dimnjaka. Većina čestica se sakuplja pomoću elektrostatskog filtra i prečistača što sprečava njihov izlazak iz termoelektrane.

Pretpostavlja se da najveći dio ^{210}Pb i ^{210}Po ishlapljuje za vrijeme izgaranja i zatim dolazi do kondenziranja na dnu dimnjaka na finim česticama letećeg pepela. Važan faktor obogaćenja su i tališta prisutnih radionuklida.

Primjer za faktor obogaćenja prirodnih radionuklida u pepelu i šljaci jedne njemačke termoelektrane na kameni ugljen prikazani su na tablici 1, a podaci za čestice u očišćenim plinovima na tablici 2. Prikazani su samo podaci za čestice $< 4 \mu\text{m}$, jer se 80% ^{210}Po veže na njih. Općenito je pravilo da se vrijednosti za faktor obogaćenja povećavaju s temperaturom, a smanjuju s veličinom čestica.

Tablica 1. Podaci za faktor obogaćenja prirodnih radionuklida u pepelu i šljaci TE na kameni ugljen (mBq/g)

Nuklid	Šljaka	Leteći pepeo	Predčišćavanje	Naknadno čišćenje
		početna frakcija	prosijana frakcija grubo/fino	prosijana frakcija grubo/fino
U-238	185	222	148 - 444	222 - 407
Ra-226	407	444	370 - 592	370 - 703
Pb-210	148	2072	1036 - 3700	1406 - 4810
Po-210	22	1850	296 - 6660	1332 - 8880
Th-232	> 370	> 407	> 370 - 518	> 296 - 518
K-40	> 444	> 481	> 370 - 592	> 333 - 592

Tablica 2. Očišćeni plinovi (mBq/g čestica) u TE na kameni ugljen

Uzorak	Po-210	Pb-210	U-238	Th-232	Ra-226	K-40
Prosijana frakcija	2997	1924	303,4	85,1	229,4	777
Čisti plin	4625	>5180	299,7	77,7	-	-
<hr/>						
Prosijana frakcija	5883	2738	477,3	103,6	310,8	925
Čisti plin	4958	2664	370,0	99,9	-	-

Na tablici 3 prikazane su doze za pojedini organ bez koristenja težinskog faktora (W_i) za preračunavanje na cijelo tijelo, jer jasnije ukazuju na depoziciju radionuklida u kostima.

Tablica 3. Maksimalne individualne doze zbog ispuštanja radioizotopa u atmosferu centrale snage 1000 MW uz 1 ppm U i 1 ppm Th (mSv/god.)

Organ	Termoelektrana na ugljen	Dozvoljene doze (10 CFR 50)
Tijelo	0,02	0,05
Kosti	0,18	0,15
Pluća	0,02	0,15
Tiroida	0,02	0,15
Bubrezi	0,03	0,15
Jetra	0,02	0,15
Gušteraća	0,03	0,15

ZAKLJUČAK

Minimalne količine prirodnih radionuklida urana i torija dovode do premašenja maksimalno dozvoljene doze u kostima pojedinaca. Znači da svako daljnje povišenje koncentracije urana u ugljenu povlači za sobom povećanje primljene doze.

SUMMARY

THE RADIOACTIVITY OF COAL FIRED POWER PLANTS

During coal combustion in coal fired power plants (CFPP) the amount of radioactivity (1-2 ppm U and 3-4 ppm Th) dispersed in the environment is much higher than from nuclear power plants. This radioactivity was never considered. The danger from environmental pollution from CFPP is diminishing if they operate with electrostatic precipitators (i.e. efficiency 99.5%). The potential danger from radiation for the population near CFPP lies in bone contamination.

LITERATURA

1. Lissachenko E.P. and Obuchova O.L.: "Natural Radiation Environment", Editors: Vohra K.G., Pillai K.C., Mishra V.S., Sadasivan S., Wiley Eastern Limited, Bombay 1982, 413.
2. Marović G., Bauman A.: Radioaktivnost termoelektrana na ugljen, Kemija u industriji, 35 (8) (1986) 427-434.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 8.-11.06. 1987. godine

Orlić M., Glišović D.
Vojnotehnički institut, Beograd

AKCIDENT U ČERNOBILU I ŠVEDSKA

Rezime: Akcident u Černobilu izazvao je velike posledice i van SSSR. Najviše su bile pogodjene Skandinavske zemlje, a posebno Švedska. Odatle je skrenuta pažnja svetu o akcidentu. Kako Švedska ima vrlo razvijenu organizaciju za delovanje u vanrednim uslovima, i kako je tokom ovog akcidenta u Švedskoj vršeno najsistematičnije merenje uz publikovanje rezultata, u ovom radu daje se prikaz tih rezultata, organizacije i sagledava ukupan uticaj ovakvog akcidenta na Švedsku.

UVOD

Akcident na reaktoru broj 4 u Černobilu desio se u noći izmedju 25. i 26. aprila 1986. godine. Meteorološka situacija bila je takva da je radioaktivni oblak prvo krenuo prema Skandinaviji. Dana 28. aprila u jutro, radnici koji su dolazili na posao u nuklearnu elektranu Forsmark bili su zaustavljeni zbog toga što su bili kontaminirani. Uzrok nije bio poznat, mislilo se da je izvor u samoj elektrani, pa je aktiviran lokalni sistem za vanredne situacije. U Švedskoj, pored lokalnog, postoji i odgovarajući sistem na nivou cele zemlje, koji deluje van nuklearnih postrojenja (nuklearne elektrane nalaze se na četiri lokacije, a postoji i nuklearni istraživački centar Studsvik). Stručno telo tog sistema je Nacionalni institut za zaštitu od zračenja (SSI).

Već oko 10 časova istog dana SSI je obavešten o povećanju nivoa zračenja u Forsmarku. Odmah je aktiviran sistem za delovanje u vanrednim situacijama. Mesec dana posle akcidenta štab ovog sistema radio je neprekidno 24 časa dnevno, a zasedao je u posebnoj zgradi namenjenoj za ovakve dogadjaje (direktna veza sa vladom, računarska podrška,...). Pored stručnjaka SSI u štab su uključeni i stručnjaci iz drugih institucija (nuklearni inspektorat, armija, instituti,...). U svom radu štab se oslanjao na različite rezultate merenja koji su pristizali iz različitih izvora. U ovom radu se dalje daje prikaz

korišćene instrumentacije i metoda merenja, dobijenih rezultata i odluka koje su donošene.

SISTEM MONITORINGA

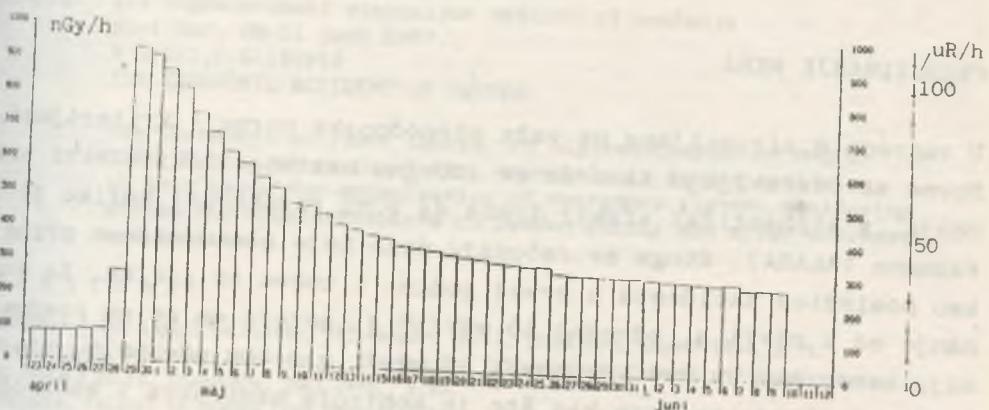
Najvažniji elementi sistema monitoringa u Švedskoj prikazani su u sledećoj tabeli, gde su vidljiva i vremena za koja su u štab stizale informacije o prvim merenjima.

Tabela 1 Vreme odziva sistema monitoringa u Švedskoj

Fiksne stanice

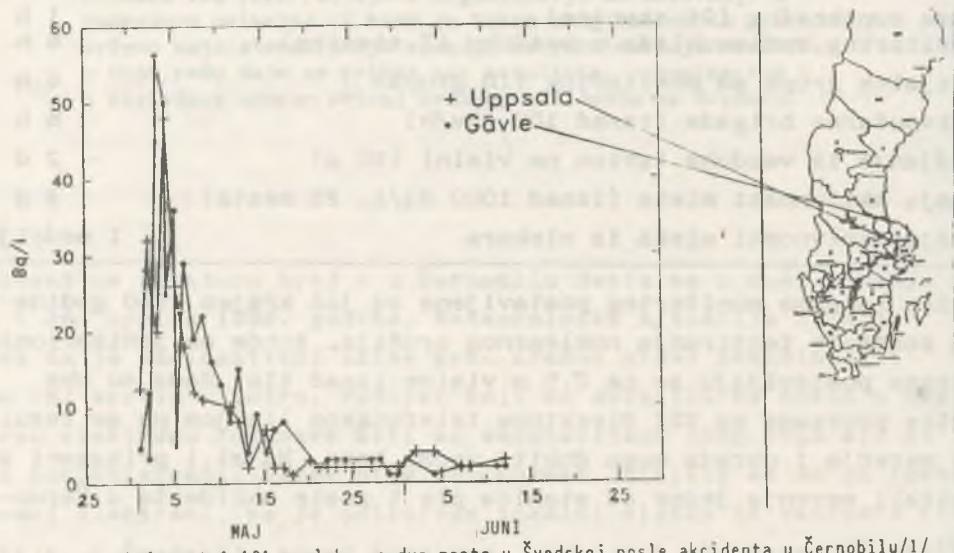
- gama monitoring (26 stanica)	1 h
- monitoring radionuklida u vazduhu (7 stanica)	6 h
Specijalne grupe za monitoring (10 grupa)	6 h
Protivpožarne brigade (iznad 100 $\mu\text{Sv}/\text{h}$)	6 h
Izvidjanje iz vazduha (avion na visini 150 m)	- 2 d
Merenje aktivnosti mleka (iznad 1000 Bq/l , 25 mesta)	2 d
Merenje aktivnosti mleka iz mlekara	1 nedelja

Stanice za gama monitoring postavljene su još krajem 1950 godine zbog kontrole testiranja nuklearnog oružija. Sonde sa ionizacionim komorama postavljaju se na 2.5 m visine iznad tla. Sada su ove stanice povezane sa SSI direktnom telefonskom linijom pa se rezultati merenja i obrada mogu dobiti veoma brzo. Na sl.1 prikazani su rezultati merenja jedne od stanica pre i posle akcidenta u Černobilu.



Monitoring radioaktivnosti u vazduhu bazira na kolekciji velikih količina vazduha kroz odgovarajuće filtre (posebo za jod, posebno za čvrste čestice) i primeni spektrometrijskih metoda uz upotrebu Ge(Li) detektora. Na ovaj način mogu se meriti aktivnosti pojedinih radioizotopa manje od $0.1 \mu\text{Bq}/\text{kg}$. Ovakve stanice mogu se koristiti i u letilicama. U oblasti Stokholma izmerena je koncentracija ^{131}I u vazduhu i do $11 \text{ Bq}/\text{m}^3$, dok je maksimalna koncentracija joda bila oko $50 \text{ Bq}/\text{m}^3$.

Merenje mleka takodje bazira na primeni spektrometrijskih metoda. Tipičan primer merenja aktivnosti ^{131}I u mleku prikazan je na sl.2.



S1.2 Aktivnost ^{131}I u mleku na dva mesta u Švedskoj posle akcidenta u Černobilu/1

PREDUZIMANJE MERA

U vanrednim situacijama ne važe mirnodopske norme i kriterijumi. Norme se postavljaju tako da se izbegnu nestohastički efekti zračenja, a stohastički efekti treba da budu redukovani koliko je to razumno (ALARA). Stoga se računaju doze koje stanovništvo prima kao posledica akcidenta u prvoj godini i tokom 50 godina. Za doze manje od $5 \text{ mSv}/\text{1 g}$, odnosno $50 \text{ mSv}/\text{50 g}$, gotovo da se ne preduzimaju mera. Ako su ove vrednosti $50 \text{ mSv}/\text{1 g}$ i $500 \text{ mSv}/\text{50 g}$, ili manje preduzimaju se merae kao što je kontrola namirnica i kontrola joda u svim uslovima. Tek iznad ovih vrednosti dolaze u obzir merae kao što su restrikcija hrane, skloništa, evakuacija...

Na bazi merenja izračunate su doze za stanovništvo. Dobijeno je da kolektivna doza u prvoj godini iznosi oko 3000 čovek siverta, što odgovara srednjoj dozi od 0.4 mSv, dok su doze kod grupa koje su najviše ozračene reda nekoliko mSv (u Laponiji i do 10 mSv). Na osnovu toga preduzete su sledeće mere: voda za piće može da se koristi, kišnica ne; nema opasnosti za trudnice; ne treba koristiti skloništa i ne treba upotrebljavati tablete joda; privremeno se zabranjuje ispaša stoke; može se prodavati mleko aktivnosti ispod 2 kBq/kg za ^{131}I i 0.3 kBq/kg za ^{137}Cs . Bilo je i nekih manje važnih odluka.

Z A K L J U Č A K

Iako Švedska ima jedan od najboljih sistema za delovanje u vanrednim uslovima, pokazale su se odredjene slabosti koje se već otklanjaju (poboljšanje sistema alarmiranja, obučenosti i komunikacija). Ceni se da su se pojavili ozbiljni ekonomski problemi odrđenih grupa ljudi. Ukupni nacionalni troškovi iznose oko 100 miliona dolara, koji će se platiti kroz takse.

Najveći udarac Švedskoj odnosi se na poverenje ljudi prema nuklearnoj energiji. Dalja gradnja nuklearnih elektrana je zabranjena uz preporuku za postepeno gašenje postojećih elektrana. Pošto sada na nukleranu energiju u Švedskoj otpada oko 40%, i pošto nema značajnih rezervi drugih izvora energije, ovo može imati veće posledice.

Abstract: XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja
Novi Sad, 08-11 juni 1987.
M.Orlić,D.Glišović
THE CHERNOBYL ACCIDENT IN SWEDEN

The Chernobyl accident caused the big consequences not only in USSR, but in other countries, especially in Nordic countries. In this paper the organisation of emergency sistem, monitoring sistem and countermeasures in Sweden during and after accident are analized.

L I T E R A T U R A

- /1/ Chernobyl - its impact on Sweden, SSI-report 86-12, Stockholm, august 1986, p.25.
- /2/ T.Bennerstedt,M.Holmberg,L.Lindborg, Chernobyl - fallout, measurements and consequences, SSI-report 86-13, Stockholm, juli 1986., p.40.
- /3/ P.E.Kjelle, Fallout in Sweden from Chernobyl,SSI-report 86-20,Stockholm,sept.1986., p.30.
- /4/ J.O.Snihs, Consequences in Sweden of the Chernobyl accident,SSI-report 86-21,Stockholm, sept.1986., p.11

DEKONTAMINACIJA ORODJA IN OPREME S POMOČJO ULTRAZVOČNE KOPELI V NE KRŠKO

Erman R. Nuklearna elektrana Krčko

V zadnjih letih se je ob številnih tehnikah dekontaminacije, ki se uporabljam v nuklearnih elektrarnah, začela uveljavljati tudi dekontaminacija orodja in opreme s pomočjo ultrazvočne kopeli.

S pojmom ultrazvok označujemo tisto mehanično valovanje, ki ima frekvenco večjo od zgornje meje človekove slušnosti. Frekvence ultra zvoka so v mejah od 20 kHz do 10 GHz. Za vzbujanje ultrazvočnih valovanj uporabljamo različne tipe ultrazvočnih generatorjev, ki jih lahko delimo v:

- mehanične generatorje ultra zvoka
- elektromehanične generatorje ultra zvoka

Mehanični generatorji ultra zvoka so sposobni proizvajati nizkofrekvenčni ultra zvok do cca 30 kHz. Običajno so oblikovani kot troblja. Tako oblikovana sirena oddaja zvok, ki nastane ob hitrem prekinjanju močnega toka vodne pare ali stišnjenega zraka pri prehodu skozi luknjice, ki so napravljene v hitro vrteči plošči. Frekvence tako dobljenega ultra zvoka je sorazmerna številu luknjic na plošči ter kotni hitrosti plošče.

Elektromehaničnim generatorjem ultra zvoka sta osnova dva fizikalna efekta:

- magnetostrikcijski
- piezoelektrični

Magnetostrikcijski generatorji proizvajajo nizkofrekvenčni ultra zvok do 200 kHz. Generator je sestavljen iz tuljave, v kateri je paličasto jedro iz feromagnetika (običajno Ni ali Co). Tuljavo napajamo z visokofrekvenčnim elektročnim tokom. Pod vplivom tako spremenjajočega magnetnega polja feromagnetno jedro spreminja svoje linearne dimenzijske, se deformira. Jedro Ni se krči vzdolž magnetnega polja in oddaja ultrazvočno valovanje v okoliško sredstvo.

Piezoelektrični generatorji proizvajajo ultra zvok visoke frekvence do 50 MHz. Generatorju je osnova kremenova plošča, ki je rezana iz kristala pravokotno na električno os. Osnovni ploskvi metaliziramo in ju napajamo z visokofrekvenčno električno napetostjo. Pod vplivom tako dobljenega električnega polja nastane obratni piezoelektrični efekt. (Pri mehanskih deformacijah nekaterih kristalov v določenih smereh se pojavi v njih električno polje).

Valovna dolžina ultra zvoka je zelo majhna, zato ga lahko podobno kot svetlobo usmerjamo v oblike curkov. V curku ultra zvoka z veliko jakostjo so amplitude hitrosti in pospeškov delcev ter amplitude zvočnega tlaka veliko večje kot v slušnem območju. Amplitude tlaka dosežejo v kapljevinah tudi do nekaj atmosfer.

Pri dovolj velikem negativnem tlaku se v tekočini pojavi KAVITACIJA-nastajajo zračni mehurčki. Pri največjem pozitivnem tlaku se mehurčki spet stisnejo in dobimo lokalni tlak tudi do 2000 atmosfer. Udarni valovi, ki pri tem nastanejo, odstranjujejo nestabilne delce (kontaminacijo) iz površin orodja ali opreme, ki je potopljeno v ultrazvočno posodo. Lahko bi označili takšno odstranjevanje tudi mikro-struganje. Povdariti je potrebno, da efekt kavitacije ne odstranjuje le delcev iz gladkih površin, temveč enako uspešno tudi iz rez, por in podobnih zavitih delov.

2. OPIS IN UPORABA ULTRAZVOČNE KOPELI V NE KRŠKO

V nuklearni elektrarni Krško uporabljamo za dekontaminacijo manjšega orodja in opreme ultrazvočno kopal proizvedeno v firmi TURCO PRODUTEN B.V. iz Nizozemske. Ultrazvočno kopal sestavlja:

- ultrazvočni generator
- ultrazvočna kad
- pretvornik magnetostrikcijskega tipa

Ultrazvočni generator se nahaja v kompaktnem kovinskem ohišju in je težak približno 5 kg. Moderna Trinistor tehnika elektronskega vezja služi za proizvajanje visoke napetosti. Priključni kabli so montirani na zadnji strani ohišja. V ohišju je pritrjen še ventilator, da omogoča delo sistema pri višjih temperaturah okolice.

Ultrazvočna kad je narejena iz nerjavečega jekla. Ima dimenzijs 35 x 30 x 30 cm. Potopni pretvornik magnetostrikcijskega tipa, ki je konstruiran iz nikeljevih lamel, je pritrjen enakomerno po vsem dnu ultrazvočne kadi. Tuk pod vrhom posode je odprtina za dovod vode. V nuklearni elektrarni Krško uporabljamo pri delu z ultrazvočno kopaljo demineralizirano vodo. Na dnu posode je druga odprtina za izpust. V NE Krško ta izpust vodimo v posebne tanke, od koder gre tekočina v predelavo kot radioaktivni odpad. V ultrazvočni kadi je instaliran še potopni grelec za segrevanje raztopine detergenta.

Ultrazvočno kopal uporabljamo pri dekontaminaciji orodja in opreme iz različnih materialov. Pogoj za tovrstno dekontaminacijo pa je, da se orodje ali oprema sme potopiti v vodo in biti izpostavljena vplivom detergenta in višje temperature. Največje efekte dekontaminacije dosegemo, če uporabljamo ultrazvočno kopal na sledeči način:

Postopek 1:

- a) Kad napolnimo z vodo. Pri tem poskušamo paziti, da je volumsko razmerje vode in orodja ali naprave za dekontaminacijo večje od 2 : 1. Najprimernejše je, da je predmet popolnoma potopljen v vodo.
- b) Vodi prlijemo specialno kemijsko sredstvo za dekontaminacijo. V NE Krško že tretje leto uspešno uporabljamo Haka-Dekopur FS 500. Detergent se posebno dobro uporablja pri dekontaminaciji predmetov iz nerjavečega jekla, stekla, keramike, plastike in gumija. Se ne peni in ostane učinkovito tudi pri visokih temperaturah. Najugodnejše razmerje mešanja stredstva z vodo je 1 : 4.

- c) Potopimo orodje ali napravo v ultrazvočno kopel.
- d) Uključimo potopni grelec. Izkušnje kažejo, da je najprimernejše izbrana temperatura 70°C.
- e) Vključimo ultrazvočni generator in pustimo, da postopek dekontaminacije teče od 10 do 30 minut. Dolžino postopka izberemo glede na vrsto materiala in stopnjo kontaminacije predmeta.
- f) Po končanem postopku odpremo ventil za izpust ter kontaminirano tekočino predamo v predelavo za tekoče radioaktivne odpadke. Priporočljivo je na kraju še izpiranje predmeta z čisto vodo.

Postopek 2:

- a) Kadar imamo opravka z zelo vztrajno skoraj fiksno kontaminacijo orodja ali opreme, po končanem postopku l ponovimo dekontaminacijo v ultrazvočni kopeli z novim specialnim kemijskim sredstvom z nazivom Hakapur. Detergent mešamo z vodo v razmerju 1 : 10. Postopek dekontaminacije pa poteka približno 10 minut.

3. REZULTATI MERITEV

Uporabljen postopek 1.

Izbrana temperatura $T = 70^{\circ}\text{C}$.

Vrsta materijala	Začetna aktivnost $A_1 [\text{Bq}/100 \text{ cm}^2]$	Aktivnost po dekontaminaciji $A_2 [\text{Bq}/100 \text{ cm}^2]$	Parcialni faktor dekont. $F = A_1/A_2$
Plastika PVC	$2 \cdot 10^4$	$8,6 \cdot 10^2$	23,3
Aluminij	$7,5 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^2$	32,6
nerjaveče jeklo	$5,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^2$	122,2

4. ZAKLJUČEK

Nobena druga do sedaj poznana metoda dekontaminacije ni tako učinkovita kot opisana metoda s pomočjo efekta kavitacije. Predvsem je pomembno, da pri takšnem postopku učinkovito dekontaminiramo tudi dele v pregibih, razpokah in režah, ki so na kontaminiranem orodju ali opremi.

Še o nekaterih drugih prednostih dekontaminacije v ultrazvočni kopeli:

- s kontaminiranimi predmeti ni potrebno priti v stik neposredno, pri visoki kontaminaciji lahko predmete potopimo v ultrazvočno kad s pomočjo manipulatorjev,
- kontaminirana voda in detergent se zelo enostavno predelujeta kot tekočinski radioaktivni odpad, ker se ne peni,
- za delo pri dekontaminaciji po opisanem postopku ne potrebujemo posebnih specialistov (v NE Krško delajo z ultrazvokom srednje strokovni kader po navodilih),
- postopek ne povečuje kontaminacije same ultrazvočne posode,
- postopek dekontaminaciji traja sorazmerno kratko.

Po prvih izkušnjah s 31,5 litersko ultrozvočno posodo, smo se v NE Krško odločili instalirati še večji 2590 litrski sistem, ki ga sestavlja tri med seboj povezane ultrazvočne kopeli.

Literatura:

- 1) N.I. Koškin, Priročnik elementarne fizike, Življenje in tehnika Ljubljana 1967
- 2) K. Hergenröther, Ultra-sauber, Energie IV 1987
- 3) R. Erman: Navodilo za uporabo ultrazvočne kopeli. Procedura NE Krško, 1987

ABSTRACT: This paper describes the main principles of the ultrasonic generator functioning and the use of ultrasound for decontamination of tools and equipment in Nuclear Power Plant Krško.

The paper gives the operating procedure and presents decontamination results of tools and equipment fabricated from various materials.

IZPOSTAVLJENOST NA DELOVNIH MESTIH PRI TEHNOLOŠKO POVIŠANIH IZVORIH NARAVNE RADIOAKTIVNOSTI - PRI PREDELAVI FOSFATOV

Milko Križman, Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana
Miran Kanduč, Zavod SRS za varstvo pri delu, Ljubljana

UVOD

V SR Sloveniji se vrši predelava fosfatov v dveh večjih industrijah – v Tovarni umetnih gnojil Rušah pri Mariboru in Tovarni kemičnih izdelkov Hrastnik. Ena od osnovnih surovin v proizvodnem procesu v obeh tovarnah je řoforit, ki ga uvažajo iz Jordanije, Izraela, Tunisa in od drugod in vsebuje precej urana in radija. Koncentracija U-238 in Ra-226 v veliko primerih presega 100 g U/tono, kar po veljavnem pravilniku o tehničnih normativih za jedrske surovine presega kriterij za jedrsko surovino. (1)

CILJ MERITEV

Z namenom, da se ugotovi izpostavljenost delavcev pri delu z radioaktivnimi surovinami, polizdelki in končnimi izdelki in iz tega izhajajoč možnost nekaterih beneficij pri določenih delih, smo opravili v obeh tovarnah sledeče meritve sevanja:

- V prvi fazi smo določili vsebnosti naravnih radionuklidov v surovinah, izdelkih in odpadkih (U-238, Ra-226 in K-40)
- V drugi fazi smo opravili meritve zunanjega gama sevanja na stalnih in občasnih delovnih mestih v skladiščih surovin oziroma izdelkov ter v proizvodnji. Nadalje smo izvršili merjenja radona oziroma njegovih potomcev na mestih, kjer je bilo pričakovati večje koncentracije.
- Tretja faza je predstavljala dopolnilne meritve v življenjskem in delovnem okolju zaradi ugotovite referenčne izpostavljenosti istovrstnemu sevanju izven delovnega okolja.

METODA DELA

Vsebnost naravnih radionuklidov v vzorcih smo določevali po metodi visoko-
ločljivostne gama spektrometrije z Ge(Li) detektorjem.
Meritve jakosti absorbirane na posameznih mestih so bile opravljene s prenosnim merilnikom sevanja s scintilacijskim detektorjem.
Merjenja koncentracije radona in radonovih potomcev so bila izvedena po metodi s pasivnimi radonovimi dozimetri oziroma z merjenjem aktivnosti zračnih filterov na prenosnem alfaspektrometru.

Predhodne laboratorijske analize vsebnosti naravnih radionuklidov so pokazale, v kolikšnih koncentracijah so posamezni radionuklidi porazdeljeni v snoveh, ko vstopajo v proizvodni proces in kako se v teku procesa prerazporedijo.

Rezultati teh meritev so bili osnova za kasnejše meritve izpostavljenosti sevanju.

REZULTATI

Po pričakovanju smo izmerili najvišje jakosti absorbirane doze v bližini snovi, ki vsebujejo veliko Ra-226 in K-40, to je predvsem na delovnih mestih v skladiščih surovin in sicer pri delovnih operacijah kot so nakladanje, doziranje in tovarniški transport (od 0.50 do 0.70 uGy/h).

Meritve so pokazale, da stalna delovna mesta ob tehnološkem procesu niso kritična, saj se njihova izpostavljenost praviloma ne razlikuje od povprečnega naravnega ozadja (0.05 - 0.30 uGy/h).

Na stalnih delovnih mestih v skladiščih in pakirnici končnih proizvodov dosega izpostavljenost vmesne vrednosti (0.15 - 0.30 uGy/h).

Koncentracija radonovih potomcev je v teku celotnega proizvodnega procesa nizka (velikostni red 1 mWL), ker je zagotovljena zadostna izmenjava zraka v delovnih prostorih. Slabše je v skladišču fosforita, ko smo zaradi zaprtosti prostorov in prisotnosti večjih količin snovi, ki vsebujejo Ra-226, izmerili koncentracijo radonovih potomcev, ki je za cel velikostni razred večja (blizu 0.05 WL).

Koncentracija radona v neproizvodnih delovnih prostorih (v zimskem času) je znašala okrog 50 Bq/m³, radonovih potomcev pa okrog 5 mWL.

DISKUSIJA REZULTATOV IN ZAKLJUČEK

Na osnovi dobljenih rezultatov so bile ocenjene ekvivalentne doze za posamezne delavce na karakterističnih delovnih mestih. Vrednosti ekvivalentnih doz so zmanjšane za vrednosti normalnega naravnega ozadja.

Ocena prejetih doz delavcev pri predelavi fosfatov je izdelana ob predpostavki, da se delavec zadržuje na določenem mestu 2000 ur na leto:

- občasno delovno mesto v skladišču surovin	največ	do 0.80 mSv/leto
- nakladanje (stalno mesto v skladišču surovin)		0.50 - 0.60 mSv/leto
- nakladanje vreč v pakirnici (stalno mesto)		0.15 - 0.40 mSv/leto
- delovna mesta v proizvodnji	manj kot	0.10 mSv/leto

Dodatnega prispevka k efektivni ekvivalentni dozi zaradi inhalacije radona oziroma njegovih potomcev v delovnih prostorih nima smisla upoštevati zaradi enake izpostavljenosti tudi v bivalnem okolju. Povprečne dnevne koncentracije radona v zimskem času dosegajo 50 - 100 Bq/m³, trenutne koncentracije njegovih potomcev pa tudi preko 10 mWL.

Dela pri predelavi fosfatov po naši zakonodaji (2,3,4) ne moremo smatrati kot delo z radioaktivnimi snovmi, ne glede na to, da specifična aktivnost nekaterih surovin oziroma izdelkov dosega oziroma celo presega normativ za jedrske

mineralna surovina (1).

Na podlagi tega velja za delavce enaka mejna letna ekvivalentna doza kot za posameznike iz prebivalstva t.j. 5 mSv.

Dejanske vrednosti prejetih doz so precej nižje. Delavci obeh tovarn, ki predelujeta fosforit, torej praviloma ne morejo imeti iz naslova povečane izpostavljenosti sevanju nobenih ugodnosti.

Kljub vsemu pa je priporočljivo ugotoviti raven izpostavljenosti in občasno spremljati izpostavljenost na delovnih mestih ob tehnološkem procesu, ~~kjer je dana možnost, da bi prišlo do prekoračenja mejne doze za prebivalstvo.~~

ABSTRACT

Annual equivalent doses to workers in chemical industry having phosphorite compounds in production process are estimated. On the most critical points in production process are doses due to external and internal radiation lower than 1 mSv per year. According to the federal regulation the work with technologicaly enhanced sources of radiation is not considered to be the work with radiation sources.

LITERATURA

- (1) Pravilnik o tehničnih normativih za raziskovanje, pridobivanje in pripravo jedrskeih mineralnih surovin. Ur.l.SFRJ štev. 39/85.
- (2) Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in o posebnih varnostnih ukrepih pri uporabi jedrske energije, Ur.l.SFRJ štev. 62/84.
- (3) Pravilnik o dajanju v promet in uporabi radioaktivnih snovi, katerih aktivnost presega določeno mejo, rentgenskih in drugih aparatov, ki proizvajajo ionizirajoča sevanja, ter o ukrepih za varstvo pred sevanjem teh virov, Ur.l.SFRJ štev. 40/86.
- (4) Pravilnik o načinu zbiranja, evidentiranja, obdelave, hrambe, dokončne odložitve in izpuščanja radioaktivnih odpadnih snovi v človekovo okolje, Ur.l.SFRJ štev. 40/86.

UKREPANJE V SR SLOVENIJI PO ČERNOBILSKI NESREČI

Rafael Martinčič, Bogdan Pucelj
Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja v Ljubljani

UVOD

Nesreča v jedrske elektrarni "Ljenin" v Černobilu, Ukrajina, SSSR, ki se je po uradnih sovjetskih podatkih zgodila 26. aprila 1986 ob 1,23 uri, je v SR Sloveniji sprožila obsežen program meritve radioaktivnega onesnaženja okolja ter prehrambene verige. Tovrstne meritve v SR Sloveniji izvajata Institut "Jožef Stefan" ter Zavod SR Slovenije za varstvo pri delu.

KRATKA KRONOLOGIJA DOGODKOV

Ob jugozahodnih višinskih vetrovih se je radioaktivni oblak gibal prek Poljske in Finske na jugovzhodno Švedsko, kjer so povečano sevanje in možen vzrok tudi prvi zaznali ter 28.4.1986 o tem obvestili najprej svojo in nato še svetovno javnost. Novico o nesreči v jedrske centrali v Černobilu je slovenski javnosti v jutranjih poročilih 29.4.1986 sporočil Radio Ljubljana.

Torek, 29.4.1986: Meritve kažejo, da pri nas povečanja radioaktivnosti še nismo zaznali. Okrepimo merilne točke: usposobimo zračne črpalke za zbiranje joda in aerosolov v zraku, začenjamо zbirati padavine in vsed na vazelinske plošče, poveča se pogostost vzorčevanja zračnih filterov. Radiološke ekipe ELME so v oripravljenosti. Povežemo se z NE Krško (Služba za radiološko zaščito) in se dogovorimo za stalno povezavo. Zaradi ocene situacije in porejemanja morebitnih preventivnih ukrepov sklice Izvršni svet Skupščine SR Slovenije pod vodstvom podpredsednika dr.B.Frileca ob 10.00 uri sestanek predstavnikov Komisije za jedrsko varnost pri IS SRS, Republiškega štaba za civilno zaščito, Ekološkega laboratorija z mobilno enoto, Hidrometeorološkega zavoda in še nekaterih drugih institucij oziroma upravnih organov. Dogovorjeno je, da morebitne akcije zaščite prebivalstva in dobrin vodijo za to pristojni republiški strokovni in operativni organi.

Sreda, 30.4.1986: Zjutraj opazimo prvo povečanje radioaktivnosti v ozračju in padavinah. O tem takoj obvestimo RŠCZ. RŠCZ sklice sejo v operativni sestavi ter organizira dežurno službo. V laboratorijih že potekajo intenzivne meritve. Ob 11,00 sporočimo RŠCZ prvo oceno začetnega useda in onesnaženja zraka.

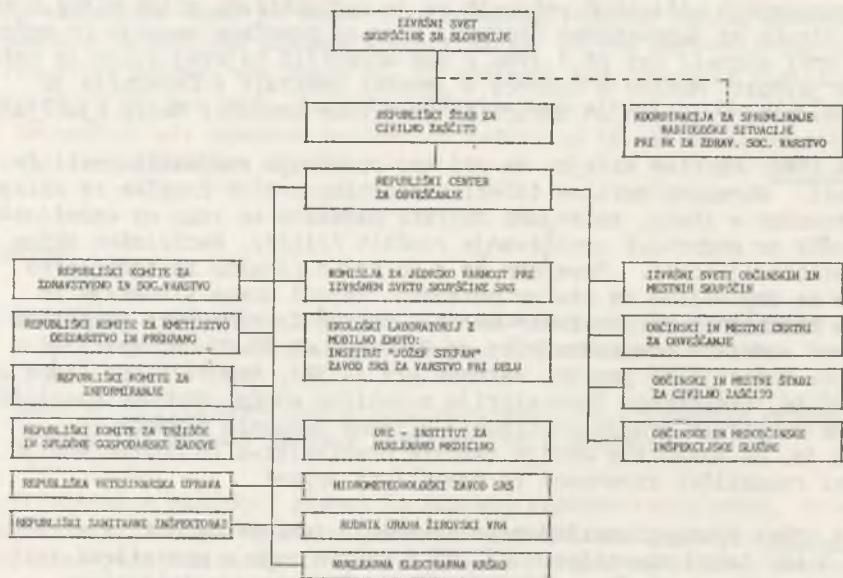
Četrtek, 1.5.1986: V Republiškem centru za obveščanje in ukrepanje je uvedena posebna telefonska številka in dežurni strokovnjak odgovarja na vprašanja občanov. Ob 20,00 uri se na izredni seji, ki jo vodi podpredsednik Janez Bohorč, sestane IS SR Slovenije. Oceni aktivnosti in ukrepe v zadnjih dneh in ugotovi, da so vsi sprejeti ukrepi v skladu z nastalim stanjem v Sloveniji. Zadolži pristojne komiteje, da poskrbijo za ustrezna navodila pri ravnanju z nekaterimi živilskimi izdelki (voda, mleko, zelenjava, živilska krma).

Petek, 2.5.1986: RŠCZ na svoji seji ob 10,00 sprejme prve kriterije oziroma mejne vrednosti za presojanje neoporečnosti vode in mleka. Približno polovica vzorcev mleka je oporečnih. Količina neoporečnega mleka za dnevno porabo je zagotovljena, oporečno mleko je preusmerjeno v predelavo.

Sobota, 3.5.1986 do ponedeljka 19.5.1986: Intenzivna preiskava vzorcev zraka, padavin, mleka, vode, želenjave in sadja ter druge prehrane se nadaljuje. 6. maja 1986 je s soglasjem IS SR Slovenije RŠCZ v operativni sestavi prenehal delovati. Njegovo vlogo prevzamejo strokovne republiške in občinske institucije ter upravni organi. Za učinkovitejše delo in usmerjanje pa je IS SR Slovenije poveril usklajevanje posebni "Koordinaciji za spremeljanje radiološke situacije" pri Republiškem komiteju za zdravstveno in socialno varstvo, pod vodstvom predsednika komiteja. 15.5.1986 je s sklepom IS Skupštine SR Slovenije ukinjena poverjena vloga "Koordinaciji". Koordinacija za spremeljanje radiološke situacije pri RKZSV se v tej vlogi zadnjič sestane 19. maja 1986.

SPREJETI ZAŠČITNI UKREPI IN PIPOROČILA PREBIVALSTVU.

V času od 30. aprila do 19. maja 1986 so IS SR Slovenije, RŠCZ ter drugi reoupubliški komiteji in upravni organi (glej sl.1) sprejeli vrsto preventivnih zaščitnih ukrepov in priporočil prebivalstvu SR Slovenije.



Sl.1. Shema organov in organizacij za spremeljanje radiološke situacije po nesreči v Černobilu.

Namen zaščitnih ukrepov oziroma priporočil ob radioaktivnem onesnaženju okolja je preprečiti vse takojšnje učinke ionizirajočega sevanja ter zmanjšati zakasnele efekte na stopnjo, ki je družbeno morebitljiva. Že takoj na začetku je bilo jasno, da na področju SR Slovenije ni prišlo do take stopnje onesnaženja, ki bi neposredno ogrožalo zdravje prebivalstva (niti ne zaradi uživanja kontaminirane hrane ali pitja deževnice, še manj pa zaradi zunanjega obsevanja). Vsi zaščitni ukrepi in priporočila so bili zato sprejeti z namenom, da se zmanjša verjetnost za zakasnele efekte na najmanjšo možno mero, oziroma zmanjša odvečne obremenitve prebivalstva na minimum.

Uveljavljeni so bili naslednji ukrepi:

Prepovedi:

- uporabe sveže deževnice za prehrano in napajanje živine (določen je bil

- dovoz sveže vode);
- pašnje krav mlekaric;
- uporabe sveže zelenjave;
- lovjenje parkljastih divjadi.

Zahteve:

- po preprečitvi dotoka sveže deževnice v vodnjake;
- po obvezni predelavi oporečnega mleka v mlečne izdelke;
- po obveznem pregledu potnikov in prtljage iz Sovjetske zveze.

Priporočila:

- prebivalstvu, predvsem nosečnicam in majhnim otrokom, naj se zadržujejo v zaprtih prostorih;
- materam, naj za dojenčke uporablajo mleko v prahu iz starih zalog;
- Športnim in drugim organizacijam, naj se odrečejo prireditvam ter tekmovanjem na prostem, ki zahtevajo intenzivno fizično obremenitev;
- naj se majhni otroci ne igrajo v peskovnikih in travi;
- naj se mladina do 15. leta ne udeleži prireditv ob 9. maju.
Sprejete so bile tudi meje in pogoji uporabnosti kontaminirne hrane (1).

MERITVE

Večina ukrepov je bila podprtta z meritvami onesnaženosti okolja. V okviru svojih laboratorijskih meritev in analiz sodelovali strokovnjaki Instituta "Jožef Stefan", Zavoda SR Slovenije za varstvo pri delu, delno pa tudi Nuklearne elektrarne Krško in Rudnika urana Žirovski vrh. V laboratorijskih je bilo samo maja opravljenih prek 2000 raznih analiz.

V tem času smo v Sloveniji:

- a) merili hitrost doze in površinsko kontaminacijo,
- b) opravljali osebno dozimetrijo s TL dozimetri,
- c) merili onesnaženost z radioaktivnimi izotopimi v naslednji vrsti vzorcev:
 - zraku,
 - padavinah (deževnica, used),
 - kapnicah, vodovodih,
 - zemlji,
 - prehrambenih izdelkih:
 - . mleku in mlečnih izdelkih,
 - . zelenjavi in sadju,
 - . mesu,
 - . drugih prehrambenih izdelkih,
- d) kontrolirali kontaminiranost zelenjave na ljubljanskem živilskem trgu,
- c) usposobili dodatno merilno postajo za oceno onesnaženosti zelenjave (zlasti solate) z I-131.
- d) uvedli meritve I-131 v ščitnici (in vivo ter in vitro) in v urinu

Pri teh meritvah smo uporabljali:

- visokoločljivostno spektrometrijo gama,
- spektrometrijo z NaI(Tl) spektrometrom,
- spektrometrijo alfa,
- TL dozimetrijo ter
- druge metode (hitrost doze, površinska kontaminacija),

ZAKLJUČKI

1. ELME je bila v celoti kas svojim nalogam - sprotno in na najstrokovnejši način je posredovala vse podatke, ki so bili operativni sestavi RŠCZ potrebni za priporočila in ukrepanje.
2. ELME je delovala tako kot je, prav zaradi urjenja in stalne pripravljenosti na morebitno nezgodo v NE Krško in predvsem kontinuiranega

nadzora okolja v okolici NEK, kar je omogočilo tako jšjo vključitev vseh naprav (spektrometri, jodove črpalke, vazelinske plošče, sistem TL dozimetrov itd.) v nadzor širšega okolja. Napor za vzdrževanje kvalitetnega in strokovnega "monitoringa" ter redno izvajanje obhodov NEK so se izkazali kot neizpodbitno potrebni in absolutno nujni.

3. Prve zanesljive podatke o dogajanjih po Evropi smo dobili preko osebnih stikov s strokovnjaki teh dežel (uradne poti so popolnoma odpovedale).
4. Kljub tem pozitivnim ugotovitvam pa menimo, da se moramo osredotočiti predvsem na pomankljivosti. V delovanju ELME smo opazili vrsto predvsem organizacijskih in tehničnih (oprema) pomankljivosti:
 - za meritve tako velikega števila vzorcev je bilo potrebno vpeljati tudi ljudi, ki so po načrtu sicer namenjeni zbiranju vzorcev po terenu, zato smo pregled nad kontaminacijo po Sloveniji dobili le preko drugih (neizurjenih) vzorčevalcev,
 - nismo bili pripravljeni na optimalno "vodenje administracije" pri takoj velikem številu vzorcev in s tem povezanim pretokom informacij,
 - prihajalo je do preobremenjenosti posameznikov in do preutrujenosti,
 - nedvomno se je pokazalo, da smo imeli na razpolago premalo opreme; z dodatno opremo bi kopico problemov, ki smo jih reševali s skrajnimi naporji, veliko lažje rešili; ključni deli opreme so zaradi zastarelosti odpovedovali,
 - dodatno preobremenjevanje strokovnjakov s strokovnimi pojasnili občanom bi lahko preprečili z ustreznimi organizacijskimi ukrepi.
5. OSČZ niso opremljeni s primernimi radiološkimi instrumenti (instrumenti niso dovolj občutljivi za te nivoje kontaminacije saj so namenjeni vojaški uporabi).
6. Občutno je bilo pomanjkanje informacij in vsklajenosti delovanja znotraj Jugoslavije, kar je do neke mere razumljivo glede na nesodobnost "republiških programov", ki se izvajajo v okviru splošnega nadzora v Jugoslaviji (zvezni pravilnik).
7. Nedvomno bo potrebno pregledati Republiški načrt ukrepanja ob jedrski nesreči v NEK in ga dopolniti z novo pridobljenimi izkušnjami.
8. Kot družba nismo imeli izdelanih kriterijev za ukrepanje oziroma akcijskih nivojev. Izkazalo se je namreč, da sprejeti intervencijski nivoji, ki veljajo za NE Krško v takem primeru niso uporabni. To je povzročalo največ težav in negotovosti. S pravilnim svetovanjem ljudem ob pravem trenutku bistveno lahko zmanjšamo radiološko obremenitev in gospodarsko škodo (n.pr. pravočasen odklop kapnic), to pa lahko brez večjih problemov storimo le, če smo na to vnaprej pripravljeni.
9. IJS dozimetri TLD-05 so se obnesli kot zelo občutljivo in zanesljivo sredstvo za osebno dozimetrijo.
10. Določanje I-131 z NaI(Tl) spektrometrom se je pokazalo kot hitra in učinkovita metoda ugotavljanja oporečnosti živil in krme. Razviti moramo prenosni merilnik na tej osnovi.
11. Sistem sprotnega spremeljanja hitrosti doze osnovan na GM detektorjih se je pokazal kot preprost in izredno učinkovit.
12. Vazelinske plošče so se izkazale kot tehnično nezahteven a hkrati zelo zanesljiv indikator vseda. Omogočajo izredno hitro, enolično in nezahtevno vzorčevanje.
13. Za hitro in optimalno odločanje moramo v bodoče orispraviti vsaj:
 - program sistematičnega nadzora (odvzema vzorcev) v primeru ekološke katastrofe širših razsežnosti,
 - programe za hitro oceno doz na osnovi teh meritev,
 - program sistematičnega spremeljanja gibanja radioaktivnih izotopov v okolju in njihov prenos v prehrambeno verigo kar naj služi kot osnova za morebitne nove zaščitne ukrepe ter
 - sistem intervencijskih nivojev in ukrepov.

ABSTRACT

The paper presents general philosophy applied in SR Slovenia during the Chernobyl accident, relevant data on its consequences, the protective measures undertaken in Slovenia and finally experiences gained due to that accident.

2. sekcija: NUKLEARNA ENERGETIKA I ZAŠTITA

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8.-11.06.1987.

PREVENTIVA NUKLEARNIH AKCIDENATA - ODGOVORNOST ZAŠTITE OD ZRAČENJA U NUKLEARNOJ ENERGETICI

Dvornik I. i Vekić B.

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

Sažetak: Samo u slučaju akcidenta nuklearna elektrana može predstavljati značajniju radiološku opasnost za ljude i okolinu. Preventiva akcidenata je zato najbolji način zaštite od zračenja i nuklearne sigurnosti. Ovo se postiže posebnom organizacijom brige društva za sigurnost koja treba da je cilj JDZZ.

Ključne riječi: Zaštita od zračenja, nuklearni akcidenti, nuklearna sigurnost.

UVOD

Strah od zračenja postao je svojina čovječanstva kao rezultat jedne od najvećih mistifikacija u povijesti. Pred nekoliko godina eskalacija straha je počela i kod nas, a održava se i danas zahvaljujući agresivnim dezinformacijama (u čijoj su pozadini manje zablude pojedinaca, a više parcijalni ekonomski i politički interesi) i pasivnosti, dezorientaciji i neorganiziranosti subjektivnih snaga društva. Zato je i moguće, da je usprkos izrazitom interesu i uznenamjenosti građana vrlo malo javnosti stručno razumljivih informacija, javnog dijaloga i utvrđivanja istine.

Imamo nuklearnu elektranu u pogonu i široku aktivnost elektroprivrede i vrlo širokog kruga industrije i instituta na pripremi izgradnje slijedećih nuklearnih elektrana. Ne bi bilo teško dokazati da i danas vrijede osnovni zaključci Predsjedništva Jugoslavije iz 1977. godine: graditi punom snagom elektrane klasičnih tipova, ali mobilizirati sve stručne snage da bi se pravovremeno, na kvalitetan način postepeno osvojila nova - nuklearna - energetska tehnologija, i to uz racionalno najveće moguće učešće vlastite industrije i pameti i najveće moguće očuvanje nezavisnosti (tehnološke i ekonomske) zemlje. Bilo je jasno da bi odlaganje starta nuklearne energetike energetski bilo moguće, ali i to da bi kašnjenje u osvajanju vrlo složene nuklearne tehnologije u dolazećim godinama iznudilo rad na brzinu

i sve rizike koji takav rad donosi.

Na žalost, najbolji dio zaključaka Predsjedništva nije realiziran: stručne snage nisu ni mobilizirane niti organizirane, pa danas u znatno nepovoljnijim uslovima pokušavamo da realiziramo društveni dogovor o jugoslavenskom nuklearnom programu i već radimo na evaluaciji ponuda za izgradnju (ugovaranje) serije nuklearnih elektrana. Radi se sa absurdno malim snagama i nerealno kratkim rokovima, s teškoćama u organizaciji, pa je kvalitetu rezultata nemoguće очekivati. Zna se s kolikim su ulaganjima i kakvom organizacijom u drugim zemljama (i malim) postigli kvalitetu. Pouka je: bolje se organizirati, aktivirati sve naučne i stručne snage, intenzivirati rad, a odgoditi rokove i konačne odluke. Prije odluka moramo postati po znanju i vještini u nužnoj mjeri ravnopravni inozemnim partnerima. To tim više što moramo ići na odnos s njima u kojem je naša elektroprivreda i industrija, s našim projektantima, nosilac odgovornosti za uspjeh ukupnog posla, kontinuitet suradnje s partnerom iz inozemstva i garanciju sigurnosti izgrađenog objekta.

KAKVO JE STANJE I KAKO DALJE

Ni jedan pravi stručnjak* nije danas u dilemi oko pitanja da li nam trebaju nuklearne elektrane i da li su one za okolinu povoljnije od drugih tipova elektrana. Ali i zbog sigurnosti okoline, a posebno zbog zaštite ekonomskih interesa društva (jer nuklearna elektrana je veliki ekonomski pothvat cijele zajednice) samo visoka kvaliteta pristupa ovom poslu, od ideje i projekta do kraja radnog vijeka elektrane, može biti prihvatljiva. Većina akcidenata neće ugroziti ljude i okolinu, ali može značiti (posebno za malu zemlju) ekonomsku katastrofu. Otuda i iskustvo da su ulaganja u kvalitetu i sigurnost vrlo rentabilna, kao što to pokazuje primjer Finske.

* termin "pravi stručnjak" traži objašnjenje: to je stručnjak koji zna tehničke i biološke rizike nuklearne energije i zračenja i drugih faktora rizika i u stanju je da ih kvantitativno usporeduje, te na taj način odredi što je prihvatljivi rizik, odnosno koje su mjeru zaštite po principu ALARA korisne (koje daju više koristi nego štete); otuda slijedi da je uvjet stručna svestranost, koja je često moguća samo u timu.

Nezavisna najstručnija, kontinuirana i profesionalno organizirana briga za kvalitetu i sigurnost u ime najšireg interesa društva u Finskoj je organizirana istovremeno sa startom na projektu prvih nuklearki, i to s najvišom političkom i naučnom podrškom. Teškoće u koordinaciji zajedničkog društvenog interesa zahtijevaju da kod nas briga za sigurnost i kontrola u ime društva ima još izrazitiju političku podršku.

Postavlja se pitanje da li duboko ukorijenjeni "nuklearni strah" pomaže razvoju kvalitetnijeg pristupa zadatku osvajanja nuklearne tehnologije, a posebno organiziranju društva u nezavisnoj brizi za sigurnost nuklearnih elektrana i nezavisnoj kontroli. Odgovor je: NE! Osnovni razlog je mistificirani, iracionalni karakter tog straha. I mnogi najodgovorniji ljudi struke i politike, delegati Sabora i Skupština, a i (važna) masa birača, ne mogu da vjeru u "strah" sami zamijene uvjerenjem o stvarnom riziku i mogućnosti zaštite. Sijači straha su se osim toga pobrinuli da poruše povjerenje u stručnjake (koji su "moćnici, lobisti, subjektivni"...). Tako je došlo do podvajanja društvenog interesa: S jedne strane zainteresirana privreda radi na realizaciji nuklearnog programa u nemogućim uvjetima i samo na bazi svoje oskudne akumulacije (postoji društveni dogovor SR i AP koji nije napušten niti izmijenjen, ali nema nikakvu stvarnu podršku; i najsolidniji stručni pristup u tom radu ispada krajnje nesiguran, skoro nečastan; никакvo dugoročnije planiranje, koje je ovde nezaobilazni preduслов kvalitete i uspjeha, nije moguće; itd.), a s druge strane odlučujući društveno-politički faktori su razjedinjeni i nemoćni da brže razriješe probleme, pa čak donose i neopravdane odluke (neargumentirano dovođenje u pitanje lokacije NE Prevlaka, pokušaji da se do godine 2000. briše nuklearne elektrane iz energetskog programa - bez ikakvih analiza tehničko-ekonomskih prioriteta, itd.).

Takva atmosfera nesigurnosti i dezorientacije onemogućuje i organiziranje društvene brige za sigurnost nuklearne elektrane Krško. Jasno je da su uska i pogrešna gledanja, otpor onih koji bi trebali biti nezavisno kontrolirani i birokratski otpori, kao i strah od troškova kontrole - osnovni uzroci teškog stanja u brizi za sigurnost. Ali je činjenica da se i ti uzroci pojačavaju u općoj dezorientaciji oko nuklearnog programa. Osim toga najbolji stručnjaci koji bi se željeli angažirati na kreiranju brige za

sigurnost (a to je vrlo složen naučni i stručni zadatak u kojem treba kritički primijeniti ogromno svjetsko iskustvo) moraju birati drugu perspektivniju stručnu orijentaciju, pa i rad za elektroprivrednu umjesto rada za interes društva. Ne želimo reći da ne postoji nikakva briga za sigurnost: imamo zakon, dio propisa (koji imaju bitne nedostatke), imamo i organe koji su po zakonu odgovorni za sigurnost. Ali oni su kadrovski i po položaju toliko ograničeni da brigu za sigurnost ne mogu ni formalno u potpunosti ostvariti, a u suštini (kreativna primjena iskustva drugih na naše uslove) nikako. Tako kršimo i postojeće propise.

Nuklearna elektrana predstavlja opasnost za okolinu samo u slučaju akcidenta ili sasvim protupropisnog rada s radioaktivnim otpadom. Akcidenti na NE TMI-2 (SAD) i u Černobilu (kao i drugi) pokazali su da je ljudska greška dominantni uzrok nezgoda. Ljudska greška je u oba najteža slučaja izrazito bila plod uspavanosti (= zaboravljeno znanje) operatora i vanjskih "nezavisnih" kontrolnih organa. Ovi posljednji su u oba slučaja bili visoko birokratizirani. Zemlje koje su bolje realizirale brigu za sigurnost (Finska, Švedska, Švicarska), organizirale su taj posao kroz naučno-STRUČNE institucije u kojima u pristupu dominira naučni, kreativni duh: primjena propisa i kontrola (inspekcija) su dio operative, a drugi dio posla koji je bitniji kao sredstvo borbe protiv ljudske greške, je stalno preispitivanje propisa, vlastitih postavki i svjetskog iskustva. Pritom se teži i uspijeva da se u tom kreativnom dijelu posla ostvari suradnja s osobljem elektroprivredne organizacije i same nuklearne elektrane. Tako i "kontrolirana strana" može shvatiti i prihvati "kontrolu" kao pomoć koja čak daje i finansijsku dobit! A to je moguće samo zato što je "Institut za sigurnost" stvarno nezavisan i kao takav zastupnik društvenog interesa s najpunijim ovlaštenjima, dakle suveren i sa dostojanstvom društvenog mandata - a time i potpuno ravноправan partner privrednoj strani. Razumljivo je da su i prijedlozi "Instituta za sigurnost" pod širom društvenom kontrolom putem različitih stručnih komisija i međuresorskih ili parlamentarnih grupa. Termin "Institut za sigurnost" ovdje je simbol koji u konkretnim slučajevima predstavlja jednu ili više institucija s jasnom podjelom rada, te kooperante tih institucija, specijalizirane naučne laboratorije. Sam "Institut za sigurnost" ne smije biti u

poslovnom odnosu s privrednim organizacijama i na osnovu programa se financira iz budžeta (u koji sredstva dolaze namjenski iz cijene struje, a u iznosu koji je određen programom). U pravilu "Institut" radi analize, studije i sl., ali ne i fundamentalna ili druga dugoročna istraživanja. Kad se tako radi, nuklearne elektrane se grade jeftinije i brže, sigurne su i pouzdane, a struja iz njih je jeftina. Kontrola na bazi najvišeg stručnog i naučnog nivoa pomaže osim toga da domaći projektanti, proizvođači komponenata elektrane i graditelji razviju i održe najviši nivo kvalitete svog rada. Tako je nezavisna briga za sigurnost dio na duži rok svestrano korisnog procesa. Može se ocijeniti da elektrane u tom sklopu mogu biti i do 20% jeftinije u investiciji (i više od toga u usporedbi s NE Krško), a slično i u cijeni struje.

ZAKLJUČAK

Jugoslavensko društvo za zaštitu od zračenja treba da aktivira "sekciju za sigurnost nuklearnih elektrana" koja bi djelovala u cilju realizacije ovdje opisanog odnosa prema brizi za nuklearnu sigurnost, a aktivno bi surađivala u sekcijama SSRNJ. Društvo treba da dobije i posebno mjesto u informiranju javnosti o defektima brige za sigurnost i o realnom mjestu radijacionih rizika.

Abstract: The prevention of severe nuclear accidents is the best way of radiation protection of environment around nuclear power plants. The Yugoslav Radiation Protection Society should contribute to this task.

Literatura

1. Agencija za nuklearnu energiju OECD:
Sistemi izdavanja dozvola i inspekcije nuklearnih postrojenja u zemljama članicama NEA,
Pariz, 1977 (Prijevod: Zagreb, 1980).
2. TOMIĆ B., VEKIĆ B., DVORNIK I.
Komparativna analiza sistema izdavanja dozvola za nuklearne elektrane
Nuklearna tehnologija, 1984; No 2: 14-20.

3. VEKIĆ B., TOMIĆ B., DVORNIK I.
Komparativna analiza inspekcije nuklearnih elektrana
Nuklearna tehnologija, 1985; No 1: 25-28.
4. International Atomic Energy Agency: Governmental Organization
for the Regulation of Nuclear Power Plants,
Safety Series No. 50-C-G,
Vienna, 1978.
5. International Atomic Energy Agency: Basic Safety Standards
for Radiation Protection, Safety Series No. 9,
Vienna, 1982.
6. DVORNIK I., VEKIĆ B.
Kritika našeg iskustva i pouke poslije Černobila
Zbornik radova II savjetovanja jugoslavenskog društva za zaštitu
od zračenja: "Izlaganje zračenju iz prirodne sredine i procjena
odgovarajućeg radijacionog rizika", Kragujevac, 1986.
(u štampi)

POSTROJENJA NUKLEARNOG GORIVNOG KRUGA I KONVENCIONALNI SISTEMI ZA PROIZVODNju ENERGIJE U OKOLIŠU

Despotović, R.

Institut "Ruder Bošković", Bljenička cesta 54, 41001 Zagreb

Uvod

Sagledavajući dugoročne energetske potrebe Jugoslavije u odnosu na vlastite resurse energenata donesen je dugoročni plan razvoja energetike u Jugoslaviji (1). Dio tog programa je i Društveni dogovor o uvađanju nuklearne tehnologije za pokrilec djelova ukupnih potreba u električnoj energiji u Jugoslaviji. Društveni dogovor planira osamostaljenje Jugoslavije u izgradnji vlastitog nuklearnog gorivnog kruga. Što znači za okoliš uvađanje nuklearno-energetskih reaktora i niza samostalnih tehnologija nuklearnog gorivnog kruga u odnosu na konvencionalne sisteme za proizvodnju energije, tema je ovog razmatranja.

Nuklearni gorivni krug

Nuklearni gorivni krug je sistem niza samostalnih tehnologija, koje najčešće niti prostorne nisu na istim lokacijama, a sastoje se od: rudnika urana, kemijske prerade rude, izotopnog obogaćenja, proizvodnje nuklearnog goriva, nuklearne elektrane, prerade ozračenog nuklearnog goriva i tehnologije obrade otpadnih radioaktivnih tvari. Svakoj od tehnoloških cjelina, odnosno postrojenju nuklearnog gorivnog kruga pripada i određeni balast u obliku tehnološkog otpada. Potencijalna intervencija sa okolišom i tehnološka rješenja za sprečavanje te intervencije u relaciji sa postojećim tehnološkim rješenjima konvencionalnih izvora energije daju se kao rezultat studija za zamišljeni "prosječni" sustav u odnosu na zamišljene "prosječne" konvencionalne sisteme sa energentima "prosječnih" kvaliteta.

Nuklearnih reaktora ima različitih po tehnološkom rješenju i osnovnoj namjeni (2). Nas zanimaju samo reaktori namijenjeni za proizvodnju električne energije na osnovi korištenja oslobođene topline nuklearnih reakcija. Nuklearni gorivni ciklus za takove reaktore je ovdje u razmatranju i to za lakovodne reaktore koji koriste obogaćeni uran.

Razmatranje podataka

Od utjecaja različitih činilaca na kvalitetu prirodne sredine, na prvom je mjestu odnos prema čovjeku, a zatim prema okolišu u užem smislu (3, 4). Prirodne nedaće i tehnološki sustavi, van uvjeta nasilnog oduzimanja života, predmet su različitih promatranja kao rizik smrtnih udesa. Svjetska zdravstvena organizacija i različite druge organizacije u nizu zemalja proučavaju realne podatke iz

različitih vrsta udesa i daju zanimljive izvještaje. Tako je na primjer u U.S.A. za godinu 1975. objavljena lista smrtnih udesa za različite aktivnosti, iz koje se daju slijedeći podaci za rizik smrtnog udesa: motoristika - 1 : 4000, pad - 1 : 10000, požar - 1 : 25000, vatrogasci 1 : 100000, električni udar - 1 : 160000, nuklearni reaktor (za rad 100 objekata) - 1 : 5000000000. Zanimljivi su podaci za godišnji rizik izražen kao broj smrtnih slučajeva na milijun stanovnika godišnje. Za navedeni uzrok rizika, daje se broj smrtnih slučajeva: zaposlenje općenito - 130, rudarenje - 540, zdravstvena služba - 40, privatni život - 230, 75-minutno dnevno sudjelovanje u prometu - 240, letenje 1 sat tjedno - 1000, udar groma - 0,6, strujni udar - 4, rak i leukemija od svih uzroka - 2700, nuklearne elektrane (akutno ozračenje, kasni učinci, smrt zbog raka ili leukemije - 0,21.

Velike brane, kad popuste, katastrofalno kose ljudske živote: 1959. g. u Indiji (Bhakra) - 10 žrtava, u Španjolskoj (Vega de Tera) - 123-150 žrtava, u Francuskoj (Frejus) - 421 žrtva, 1960. g. u Brazilu (Oros) - 1000 žrtava, 1961. g. u SSSR (Kijev - Babi Jár) - 145 žrtava, 1967. g. u Indiji (Koyna) - 180 žrtava, 1968. g. u Italiji - 2600 do 3000 žrtava, 1977. g. u U.S.A. (Tetan) - 9-11 žrtava, 1979. g. u Indiji (Morvi) - više od 3000 žrtava, 1981. g. u Indiji (Gopinathapuća) - 250 žrtava.

Na ljudski se život indirektno atakira devastiranjem prirode. U tom je kontekstu vrlo važno poznavanje pravog stanja kroz komparaciju utjecaja različitih tehnoloških sustava na različite sadržaje u prirodi.

Oduzimanje prirodnih površina za tehnološke sistave neminovnost je, koja kao nepovoljna intervencija energetskih postrojenja na okoliš, mjereno prema nuklearnim elektrarnama kao jedinicama, izgleda ovako: za termoelektrane potrebno je 235% više površine nego za nuklearnu iste instalirane snage, za solarne sisteme potrebno je 1220% više površine, za korištenje energije vjetra potrebno je 3650% više površine i za hidroelektrane potrebno je 7260% površine.

Intervencija sa atmosferom za različite energetske sisteme je različita i u projektu slika je slijedeća za 1000 MW(e) sisteme: termoelektrana na ugalj koja dnevno troši 6.380 t uglja zagaduje okoliš sa 382 t sumpornog dioksida, 60 t dušikovih oksida i 1.400 kg ugljičnog monoksida; termoelektrana na naftu sa dnevnim potroškom od 4.600 m³ zagaduje okolišnu atmosferu sa 145 t sumpornog dioksida, 60 t dušikovih oksida i 30 kg ugljičnog monoksida; termoelektrana na plin sa dnevnom potrošnjom od 563.000 m³ plina proizvede 40 kg sumpornog dioksida i 34 t dušikovih oksida; nuklearne elektrane ne proizvode otrovne plinove!

Nuklearna elektrana je središnji dio nuklearnog gorivnog kruga, zbog koje taj krug i postoji. Činjenica, da je nuklearna dio gorivnog kruga upućuje na to, da postoje tehnološki sistemi, koji također doprinose zagadivanju okoliša. Uvaža-

vajući potrebu kompletne informacije navode se zato vrste tehnološkog otpada uz tretman nastalog otpada na pojedinim dijelovima gorivnog kruga:

- rudarenje: kao tehnološki otpad pojavljuje se radon, radij, torij, uran, teški metali, anorganske kiseline i soli - nastali otpad se obradi i pohranjuje na rudištu kao niskoradioaktivni otpad;
- kemijska obrada: tehnološki otpad sadrži uran, fluoride, dušikove okside, nitrile, anorganske kiseline i soli - nastali niskoradioaktivni otpad se obradi, paketira i odlaže u zemlju;
- izotopno obogaćenje: tehnološki otpad sadrži uran, fluor, fluoride i nitrati - niskoradioaktivni otpad se obrađuje, paketira i odlaže u zemlju;
- proizvodnja nuklearnog goriva: daje u tehnološkom otpadu uran, dušikove okside, nitrati i amonijak, koji se obraduju kao niskoradioaktivni otpad i odlažu u zemlju;
- nuklearne elektrane: daju kao tehnološki otpad plinovite produkte koji se komprimiraju u čelične spremnike, tekući radioaktivni otpad koji se "koncentriра" i čvrsti radioaktivni otpad koji se solidificira - dio plinskog otpada, kada mu radioaktivnost padne ispod dozvoljene granice radioaktivnosti otpušta se u atmosferu, tekući otpad se prevodi u čvrsto stanje, a dio ispod dozvoljene granice radioaktivnosti otpušta u vodotok i čvrsti se radioaktivni otpad pohranjuje u čelične bačve i pohranjuje u posebno izgrađena skladišta za radioaktivne otpadne tvari;
- prerada ozračenog nuklearnog goriva: daje kao tehnološki otpad preko 90% svih kategorija radioaktivnog otpada iz cijelog nuklearnog gorivnog kruga - fisijski produkti daju visokoradioaktivni otpad koji se solidificira i pohranjuje u dubokim geološkim formacijama u posebnu kondicioniranim skladištima; dio fisijskih produkata sa korozijskim i aktivacijskim produktima, aktinidima, nitratima i organskim materijalima kompaktira se u cement ili bitumen i pohranjuje u dublje lociranim geološkim formacijama u skladištima za radioaktivni otpad; niskoradioaktivni otpad sadrži neznatnu količinu fisijskih produkata, anorganske soli, dio korozijskih produkata i organske materijale, i kompaktiranjem uz visokoradioaktivno punilo pohranjuje se u čelične bačve. Pohranjuje se uglavnom prizemnim pokapanjem.

Karakteristika je nuklearnog gorivnog kruga, da se u svim tehnološkim podstavima sve vrste tehnološkog otpada posebno obrađuju i kontrolirano pohranjuju, što nije praksa termoenergana.

Kontinuirano zagadivanje atmosfere ispuštenim otrovnim plinovima termoenergetskih postrojenja nosi i radioaktivne čestice u dimovima. Sadržaj tih radioaktivnih

komponenata je znatno nepovoljniji, od ispuštanja iz nuklearki, jer se u atmosferu otpuštaju visokotoksični radionuklidi sa dugim poluvremenom raspada. Ukupna radioaktivnost tih plinova dosije i do 400% viši nivo od one iz diskontinuiranih ispusta iz nuklearki. Otvoreni deponiji šljake različitih vrsta ugljeni sadrže radionuklide u obliku u kojem slobodno mogu intervenirati sa okolišem, za razliku od preradenog i posebno pohranjenog radioaktivnog otpada iz nuklearke. Poseban je problem u otrovnim teškim metalima koji su trajan sadržaj takovih šljaka. Nema sumnje, da su u sadašnjim tretmanima različitih vrsta tehnološkog otpada iz različitih sistema i podstistema u funkciji proizvodnje energije, nuklearke na zavldnom nivou u odnosu na klasične termoenergane. Radi nesrazmjerne malog oštećenja potrebnog prostora u odnosu na hidrosisteme, nuklearke i u tom smislu najmanje devastiraju okoliš. Stoga nije neologično zaključiti, da su nuklearne elektrane u visoko tehnološki razvijenim zemljama u takovoj ekspanziji i zato, jer se njihovom izgrdnjom realiziraju energetski programi koji odražavaju maksimalnu brigu za okoliš.

Literatura

- 1) Dogovor o osnovama dugoročnog plana Jugoslavije za razvoj i primjenu nuklearne energije u energetici do 2000. godine,
Službeni list SFRJ, broj 18 (1982), str. 476.

Društveni dogovor za utvrđivanje načina i uslova za rješavanje pitanja odlaganja ozračenog goriva za konačan smještaj radioaktivnih otpadaka iz njegove prerade i drugih izvora,
Službeni list SFRJ, broj 68 (1984).
 - 2) KNAPP V, KULIŠIĆ P, Novi izvori energije, 1985., Zagreb: Školska knjiga, 152-178.
 - 3) Nuclear Power Quick Reference II. Nuclear Energy Group., San Jose, Calif., USA.
 - 4) Kraftwerk Union Information. Economic and Technical Data on Power Engineering, Kraftwerk Union Aktiongesellschaft, 1986., Mülheim u. d. Ruhr.
- 14th Yugoslav Symposium on Radiation Protection, Novi Sad, 08-11 June 1987.
DESPOTOVIĆ R., Nuclear Fuel Cycle Facilities and Conventional Power Plants in Environment

Based on the future needs for energy in Yugoslavia in relation to the energy reserves a long-term plan of the development of energy production has been established. A part of this program is a transfer and development of the nuclear fuel cycle technologies. The subject of this paper are influences on the environment of nuclear power reactors including nuclear fuel cycle facilities in relation to conventional power plants.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8.-11. jun 1987.

D.Antić, J.Riznić, B.Maršićanin

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

UPOREDNA ANALIZA ZAGADJENJA OKOLINE
OD NUKLEARNE ELEKTRANE I TERMOELEKTRANE

SADRŽAJ: - Analiziran je uticaj nuklearne elektrane i termoelektrane na okolini u pogledu utroška prirodnih resursa, kao i u pogledu hemijskog, radiološkog i toplotnog zagadjenja. Uporedjeni su podaci za karakteristične elektrane u svetu i kod nas i procenjen je uporedno štetni uticaj NE Krško i nekih naših termoelektrana.

KLJUČNE REČI: Hemijsko zagadjenje, radiološko zagadjenje, okolina, rizik.

1. UVOD

Rastuće potrebe za energijom i trend preispitivanja orijentacije u razvoju energetike u svetu dovode neminovno do poredjenja karakteristika nuklearnih termoelektrana i termoelektrana na klasično gorivo, pre svega u pogledu uticaja na okolinu, jer je to najveća primedba koja se upućuje na račun nuklearnih elektrana. Cilj ovog rada, koliko to omogućava njegov ograničen obim, jeste da sažetim prikazom najvažnijih činjenica uporedi uticaj NE - TE na okolinu.

Ovo pitanje je kod nas i ranije razmatrano, /1/, pa ovaj rad sledi ovaku vrstu analiza uz uzimanje u obzir novih podataka i uključivanje novih efekata.

2. UTROŠAK PRIRODNIH RESURSA I TOPLOTNO ZAGADJENJE OKOLINE

Za svoj rad NE i TE koriste prirodne resurse (zemljište, gorivo, vodu), što narušava prirodnu ravnotežu okoline. U tom pogledu postoji osetna prednost NE, koja prema /2/ troši na 1000 MWe za godinu dana $32 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode za hlađenje i oko $35 \cdot 10^3 \text{ kg}$ uranijuma (sa 3% ^{235}U), dok TE na ugalj iste snage troši $8 \cdot 10^9 \text{ kg}$ kiseonika iz atmosfere, $21 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vode i $5 \cdot 10^9 \text{ kg}$ uglja. Pri tome NE sa rudnikom uranijuma zauzima 20-60 ha zemljišta, a TE 100-400 ha.

U pogledu toplovnog zagadjenja okoline je TE u prednosti, jer NE ispušta oko 40% više toplove u okolinu, /1/, /3/. Ovo je posledica nižih radnih temperaturi kod NE i manjeg koeficijenta korisnog dejstva. U ovom pogledu je kod visokotemperaturnih reaktora ovaj nedostatak u odnosu na TE eliminisan, ali taj tip reaktora još nije komercijalno značajan.

3. HEMIJSKO I RADILOŠKO ZAGADJENJE OKOLINE

Hemijsko zagadjenje okoline je karakteristično za TE, gde u toku sagorevanja uglja, mazuta ili gasa nastaju štetne hemijske materije, koje se

ispuštaju u okolinu (u atmosferu ili hidrosferu). To su pre svega CO, CO₂, SO₂, NO₂ i drugi oksidi azota, ugljovodnici, fluoridi, toksični metali, prašina, pepeo i drugi aerosoli.

U tabeli 3.1. je prikazana emisija štetnih gasova iz raznih TE u SR Nemačkoj, /4/ (na kameni ugalji KU-ZN, na mrki ugalj MU-ZN, na mazut M-ZN, na gas G-ZN), kao i za neke naše TE, /5/, /6/. Pri tome je sve preračunato na 600 MWe, a oznake TNT, TE-MO i TEP se odnose na TE "Nikola Tesla", TE "Morava" i TE "Plomin". Maksimalna emisijska koncentracija na mestu ispuštanja je, prema /6/, za zemlje Zapadne Evrope 240-1200 mg SO₂/m³ dimnih gasova, dok se kod naših TE kreće od izmerenih 580 za TE "Kosovo" i 3550 mg SO₂/m³ za TE "Nikola Tesla", do procenjenih 16.000-22.000 za TE "Plomin" ili 22.000-24.000 mg SO₂/m³ za TE "Ugljevik I".

Tabela 3.1.

Termoelektrana izvor podatka	KU-ZN /5/	MU-ZN /5/	M-ZN /5/	G-ZN /5/	TNT /6/-/8/	TE-MO /6/ -	TEP /7/
Emisija SO ₂ 10 ⁶ kg/a	21	36	22	0,3	32	44	32
Emisija F 10 ³ kg/a	130	480	13				
Emisija NO _x 10 ⁶ kg/a	5	15	9	7			
Max.emisija SO ₂ /ug/m ³	230	130	120	≥0		50	
Max.emisija F /ug/m ³	1,5	1,8	0,07				
Max.emisija NO ₂ /ug/m ³	60	60	50	50			

Ukupna emisija SO₂ u Jugoslaviji iz TE iznosila je u 1982. godini 2,6·10⁸ kg, ili 1.020 kg SO₂/a·km² (11,8 kg po glavi stanovnika). Ovo je oko 4-5 puta manje po površini, a 2-3 puta manje po glavi stanovnika nego u V.Britaniji i SR Nemačkoj. Povoljna okolnost je što naši ugljevi (pretežno lignit) imaju nizak procenat sumpora (0,01% do 2,5% za lignit, /5/), a zbog prisustva Ca i Si se SO₂ u velikoj meri vezuje za pepeo (u proseku 30%, /5/).

Iz dimnjaka TE se izbacuje velika količina pepela, koja prema /7/ iznosi za TE "N.Tesla B" u 1980. godini (3-13)·10⁶ kg/mesečno, a taloženja na mernim mestima su u proseku oko 150 mg/m²d. Takodje se izbacuju i jedinjenja ugljovodonika i toksični metali.

NE ne zagadjuje okolinu hemijski, ali ispušta radioaktivne materije. U tabeli 3.2. su prikazane vrednosti radioaktivne emisije iz NE Krško i godišnje ekvivalentne doze u njenoj bližoj okolini.

TE takodje radioaktivno zagadjuje okolinu. U uglju postoje uranijum, torijum, 40K i drugi radionuklidi. Prema rezultatima merenja iz /8/, naši ligniti imaju oko 5 g/t uranijuma, nešto više torijuma (odnos jako varira) i reda 1000 g/t prirodnog kalijuma. To na primeru TE "Morava" znači da godišnje sa ugljem sagori oko 4.500 kg uranijuma, a oko 9.300 kg torijuma i oko 1.300 kg 40K, što znači da se, prema /2/, u pepelu i dimu izdvaja oko 55 GBq/a samo od uranijuma. Na osnovu podataka o potrošnji uglja u termoelektranama u Jugoslaviji /5/, i merenja sastava nekih lignita, /8/, može da se okvirno proceni da u našim TE izgori godišnje 150-200 t uranijuma i približno toliko torijuma. Naravno, to ne znači da postoji mogućnost za efikasno korišćenje tog uranijuma, a ne znači ni da dolazi do drastičnih zagadjenja okoline (jer je uranijum relativno dosta zastupljen u prirodi).

Tabela 3.2.

Elektrana	Doza	Radioaktivna emisija (godišnja)
NE Krško, /10/	<10/uSv/a	U vodu: <20 TBq tricijuma (<8 TBq trome- sečno), <200 Bq ostalo (<80 Bq tromesečno) U atmosferu: <2 TBq ekvivalenta ^{133}Xe , uz poseban režim ispuštanja
TE, kameni ugalj, 1000 MWe, /12/	7-110/uSv/a	^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , U
NE, fuziona,/12/ 1000-5000 MWe	500-1000, ¹ /uSv/a (procena)	Tricijum, produkti aktivacije
TE, geotermalna, 145 MWe, /12/	1000/uSv/a	^{222}Rn

Kako sagorele radioaktivne materije ostaju dobrim delom u pepelu, njegova radioaktivnost ne bi smela da se zanemaruje (nažalost, do sada to pitanje nije mnogo razmatrano). Posredne analize zagadjenja vode u blizini deponija pepela od TE, /11/, pokazuju da deponije u svojoj okolini zagadjuju sredinu (pre svega hidrološku), čak i do 200 puta iznad višegodišnjeg proseka na toj lokaciji.

Iz tabele 3.2. se vidi da su TE na ugalj i na geotermalnu energiju veći zagadjivači u pogledu radijacije od lakovodnih NE.

Uporedjenje opštih faktora koji definišu opasnost,/3/, pokazuje da su TE višestruko opasnije od NE u pogledu zagadjenja atmosfere. Osim toga, granice dozvoljenog uticaja na okolinu, /10/, su kod NE znatno ispod nivoa prirodnog fona i još više ispod nivoa medicinskih efekata, dok su za hemijske polutante iz TE granice uporedive sa nivoima na kojima se zapažaju medicinski efekti.

Analiza rizika po stanovništvo u okolini NE i TE pokazuje da je reda 100 puta veći rizik od TE nego od NE, pri čemu se uzima u obzir i rizik u rudnicima uglja i uranijuma i akcidenti u elektranama, /5/.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu kondenzovano prikazanih činjenica se jasno zaključuje da i NE i TE zagadjuju okolinu, tako da su neophodne tehničke mere i propisi za svoidjenje tog zagadjenja na prihvatljivu meru. Za NE su te mere znatno razradjenije i na medjunarodnom nivou utvrđene. Za TE takođe postoje utvrđene norme i tehničke mere, ali još uvek mnoge od njih nisu sprovedene, naročito kod nas. I pored svih mera kod TE, još uvek je njihov uticaj na okolinu znatno veći nego uticaj NE, pa je i rizik veći. Čak i u pogledu radioaktivnosti su TE veći zagadjivači od NE. Naravno, treba imati u vidu da udes na NE, ma koliko da se retko dešava, može da izazove više direktnih posledica nego što može da izazove uticaj TE (iako na duži period i za više elektrana postoji veći rizik od TE).

Iz pokazanog se vidi da na osnovu uticaja na okolinu ne može da se utvrdi nikakva prednost TE u odnosu na NE (kao što se često misli), već taj razlog (ukoliko postoji) treba tražiti u nečemu drugom.

COMPARATIVE STUDY OF ENVIRONMENTAL POLLUTION FROM NUCLEAR AND FOSSIL-FUEL POWER PLANTS

SUMMARY: Ecological impact of nuclear and fossil fuel power plants from the point of view of natural resources, chemical, radiological and thermal pollution is analysed. Experimental obtained data for selected power plants in Yugoslavia and in the world are compared. Also, comparisons of the ecological effects between the Krško and some domestic fossil fuel plants are given.

KEY WORDS: Chemical pollution, radiological effects, environment, risk.

REFERENCE:

- /1/ Mesarović, M.: "Uporedna analiza uticaja nuklearnih i klasičnih termoelektrana na okolinu", Elektroprivreda, 9-10 (1974), s.271-275.
- /2/ N.S.Babaev i dr.: "Chelovek i okruzhayushchaya sreda", Ehnergoatomizdat, Moskva, 1984.
- /3/ Yu.V.Sivincev, E.N.Teverovskij: "Otnositel'naya opasnost' AEhS i TEhS dlya okruzhayushchej sredy", Atomnaya ehnergiya, 4/4 (1976), s.263-267.
- /4/ P.Borsch, H.-J. Wagner: "Energie und Umwelt", JüI-Cong-32, Jülich, 1979.
- /5/ J.Janić, A.Česarević: "Sagledavanje i praćenje intenziteta emisije SO₂ iz naših termoelektrana", Elektroprivreda, 3-4 (1984), s.120-125.
- /6/ K.Kauzlaric, L.Badurina: "Štetan utjecaj sumpornih oksida na šume u Hrvatskoj", Zaštita atmosfere, 14/2 (1986), s.53-56.
- /7/ TE Nikola Tesla B, Služba za plan i projektovanje: "Informacija o poslovinama na zaštiti čovekove sredine u 1980", Obrenovac, 1981.
- /8/ P.R.Adžić, A.H.Kukoč R.Stepić: "Determination of Thorium, Uranium and Potassium in Some Natural Coals". Fizika, 14/1 (1982), p.1-5.
- /9/ Lj.Gradišar, A.Šaler: "Nuklearna elektrana Krško i njen utjecaj na okoliš", Čovek i životna sredina, 3 (1986), s.53-57.
- /10/ A.Čauvenet: "Radiation and Chemical: A Risk Comparison", Nuclear Europe 12 (1986), p.6-9.
- /11/ N.Ajdačić, M.Martić: "Uticaj pepelišta termoenergetskih postrojenja na stepen kontaminacije površinskih voda radioaktivnim materijama", Zbornik XII Jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti od zračenja, Ohrid, 1983, s.80-83.
- /12/ J.Martin: "Radioaktivität und Strahlung im Alltag". Siemens-Zeitschrift 55. Jahrgang, 5 (1981), s.3-8.

MOGUĆNOST TRETMANA NISKO- I SREDNJE-RADIOAKTIVNIH TEKUĆIH EFLUENATA IZ NUKLEARNE
ELEKTRANE KRŠKO KOMBINIRANIM METODAMA

Subotić, B.

Institut "Ruđer Bošković", Bijenička c. 54, 41000 Zagreb

Levašić, Z.

Nuklearna elektrana Krško, 68270 Krško

Uvod

Prisustvo relativno velike količine borne kiseline u tekućem radioaktivnom otpadu iz lakovodnih nuklearnih elektrana je ograničavajući faktor koncentriranja otpadne tekućine evaporacijom (mogućnost kristalizacije borne kiseline) i odavde, ograničavajući faktor stupnja smanjivanja volumena tekućeg radioaktivnog otpada (1). Osim toga, borna kiselina ima negativan utjecaj na kvalitetu čvrstog radioaktivnog otpada dobivenog solidifikacijom koncentrata evaporatora cementom. S tog razloga, izvršena su ispitivanja upotrebe ionske zamjene na granuliranim zeolitima, sorpcije i centrifugiranja kao kombinirane metode za dekontaminaciju nisko- i srednje-radioaktivnog otpada iz NE Krško, do nivoa radioaktivnosti koji dozvoljava ispuštanje. U radu je prikazan dio rezultata navedenih ispitivanja.

Mjerenja

Za ispitivanje mogućnosti tretmana tekućeg radioaktivnog otpada iz NE Krško korišteni su realni uzorci radioaktivnih tekućina iz spremnika za zadržavanje tekućeg radioaktivnog otpada (waste hold-up tank, WHT), evaporatora za radioaktivni otpad (waste evaporator bottom) i iz rashladnog sistema reaktora NE Krško. Navedene radioaktivne tekućine propuštane su određenim brzinama protoka (1 - 12 cm³/min) kroz kolone punjene s 10 - 20 g granuliranog zeolita A ili smjese granuliranih zeolita (zeolit A, zeolit X, sintetski mordenit). Nakon prolaza kroz kolonu, alikvoti tretiranih otopina su sakupljani u odvojene posude i upotrebljeni za mjerenje odgovarajućih specifičnih radioaktivnosti (A_{n_i}). U određenim slučajevima, tekućim fazama dobivenim nakon prolaza kroz kolone podešena je pH-vrijednost na pH 10 i dodana otopina FeCl₃ određene koncentracije. Istaloženi talog Fe(OH)₃ je nakon određenog vremena odvojen centrifugiranjem, a uzorak tekuće faze je upotrebljen za određivanje specifičnih radioaktivnosti pojedinih radioizotopa u tekućoj fazi nakon tretmana. Iz mjerene specifičnih radioaktivnosti (A_p) prije tretmana i (A_{n_i}) nakon tretmana, faktori dekontaminacije FD izračunati su kao: FD = $(A_p)/(A_{n_i})$ (i = Cs-137, Cs-134, Co-58, Co-60 i Mn-54). Specifične radioaktivnosti (A_p) i (A_{n_i}) određivane su gama-spektrometrom CANBERRA QUANTA SYSTEM s Ge(Li) detektorom.

Rezultati i diskusija

Rezultati ispitivanja uklanjanja radioizotopa iz nisko- i srednje-radioaktivnih tekućina iz NE Krško, pomoću granuliranih zeolita su pokazali:

- (i) da se tretmanom radioaktinne tekućine iz WHT postižu visoki faktori dekontaminacije za radioizotope cezija ($FD \approx 150$), zadovoljavajući faktori dekontaminacije za Mn-54 i relativno niski faktori dekontaminacije za radioizotope kobalta ($FD = 8 - 14$),
- (ii) da se tretmanom reaktorskog hladionika s granuliranim zeolitima u približno istim uvjetima postižu zadovoljavajući faktori dekontaminacije za sve navedene radioizotope ($FD \approx 3000$ za radioizotope cezija, $FD > 400$ za Mn-54 i $FD = 50 - 85$ za radioizotope kobalta).

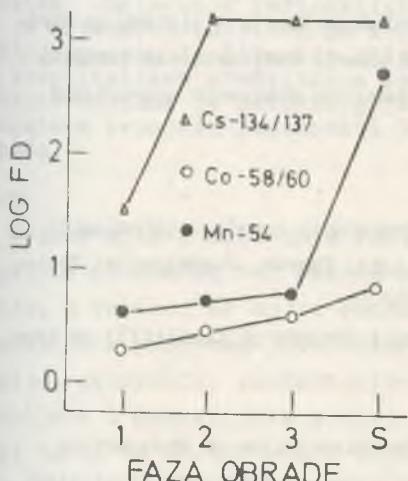
Značajne razlike efikasnosti uklanjanja radioizotopa iz navedenih radioaktivnih tekućina mogu se objasniti prisustvom koloidnih čestica korozijskih produkata i kompleksirajućih agensa iz sredstava za dekontaminaciju i pranje u radioaktivnoj tekućini iz WHT. Poznato je da se radioizotopi kobalta i mangana mogu sorbirati na površinu koloidnih čestica korozijskih produkata (uglavnom željezni oksidi) i da se u tom obliku ne mogu zamjenjivati s Na^+ ionima iz zeolita (2). Tablica 1 pokazuje da se centrifugiranjem može iz radioaktivne tekućine iz WHT ukloniti oko 60% radioizotopa kobalta i oko 40% Mn-54, sorbiranih na koloidne čestice korozijskih produkata, dok se koncentracija radioizotopa cezija ne mijenja..

Tablica 1. Faktori dekontaminacije ostvareni separacijom korozijskih produkata, centrifugiranjem radioaktivne tekućine iz WHT

Radioizotop	Koncentracija radioizotopa prije centrifugiranja $(A_p)_i / \text{Bq m}^{-3}$	Postignut faktor dekontaminacije FD
Cs-134	$2,6 \times 10^7$	1,1
Cs-137	$5,2 \times 10^7$	1,0
Co-58	$2,7 \times 10^8$	-
Co-60	$2,5 \times 10^7$	2,5
Mn-54	$1,7 \times 10^7$	1,7

Ispitivanja su pokazala da se najveći dio čestica korozijskih produkata istaloži na granule tokom prolaza radioaktivne tekućine kroz kolonu, što je jedne strane smanjuje količinu nezamjenljivih radioizotopa u tretiranom otpadu, ali s druge strane blokira površinu granula i smanjuje efikasnost zamjene nesorbiranih radioizotopa. Na osnovu poznatih rezultata sorpcije radioizotopa na svježim talozima

željezo(III) hidroksida (3), pretpostavljeno je da se dio radioizotopa kobalta i mangana može iz radioaktivnih otopina ukloniti sorpcijom na svježi talog željezo(III) hidroksida. Slika 1. prikazuje faktore dekontaminacije postignute nakon prolaza radioaktivne otopine sastava: $7,8 \times 10^7$ Bq/m³ Cs-134, $1,9 \times 10^8$ Bq/m³ Cs-137, $8,9 \times 10^7$ Bq/m³ Co-58, $3,7 \times 10^7$ Bq/m³ Co-60 i $1,8 \times 10^8$ Bq/m³ Mn-54 (pH = 6,4) kroz tri kolone napunjene s po 15 g granuliranog zeolita A i tretmanom sa svježem taloženjem Fe(OH)₃.



Sl. 1 Ovisnost faktora dekontaminacije FD, za radioizotope cezija, kobalta i mangana o fazi obrade radioaktivne tekućine. 1, 2 i 3 označavaju brojne kolone napunjene s po 15 g granuliranog zeolita A, a S je naknadni tretman sa svježim talogom željezo(III) hidroksida. Ukupni volumen obradene tekućine iznosio je 250 cm^3 , a brzina protoka kroz kolone iznosila je $5 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Faktor dekontaminacije za radicizotope cezija naglo raste s $\text{DF} \approx 35$ na $\text{DF} = 1700$ nakon prolaza kroz drugu kolonu i zadržava istu vrijednost nakon prolaza tekućine kroz treću kolonu i nakon obrade s Fe(OH)₃. Nagli porast faktora dekontaminacije vjerojatno je uzrokován neutralizacijom borne kiseline iz tekućine tokom prolaza kroz prvu kolonu (hidroliza zeolita) i smanjivanjem početne kiselosti otopine prije prolaska kroz naredne kolone. Faktori dekontaminacije kobalta i mangana sporo rastu s brojem prolaza otopine kroz kolone ($(\text{FD})_1 \approx 2$, $(\text{FD})_2 \approx 3$ i $(\text{FD})_3 \approx 4$ za radicizotope kobalta i $(\text{FD})_1 \approx 4,5$, $(\text{FD})_2 \approx 5,5$ i $(\text{FD})_3 \approx 6,5$ za Mn-54), a taloženjem Fe(OH)₃ faktor dekontaminacije za Mn-54 naraste s $(\text{FD})_3 \approx 6,5$ na $(\text{FD})_S = 600$, a faktor dekontaminacije za radioizotope kobalta naraste s $(\text{FD})_3 \approx 4$ na $(\text{FD})_S = 7$, kao poslijedica sorpcije navedenih radioizotopa na Fe(OH)₃ i njihovog uklanjanja iz tekuće faze odvajanjem čvrstih nosača (koloidne čestice korozijskih produkata i talog Fe(OH)₃). Znatno veća efikasnost sorpcije Mn-54 u odnosu na radioizotope kobalta vjerojatno je poslijedica veće stabilnosti hidroksi-kompleksa mangana (koji se vežu na površinu Fe(OH)₃) od stabilnosti hidroksi-kompleksa

kobalta u odnosu na anionske komplekse nastale u prisutnosti komplksirajućih agensa iz sredstava za pranje i dekontaminaciju. Dobiveni rezultati pokazuju da se prikazanom kombiniranom metodom može iz realnih radioaktivnih tekućina ukloniti više od 99,9% radioizotopa cezija i više od 99,8% Mn-54. Međutim, zbog sklonosti radioizotopa kobalta kompleksiranju s kompleksirajućim agensima iz sredstava za dekontaminaciju i pranje, prisutnim u radioaktivnim otpadnim tekućinama iz NE Krško, primjenom ove metode može se iz otopine ukloniti samo oko 90% radioizotopa kobalta, što često nije dovoljno za ispuštanje tretirane tekućine u okolinu pa je u tom slučaju potrebno primjeniti metode oksidativne razgradnje kompleksi-rajućih agensa (4) ili striktno razdvajanje tehnoloških linija u sistemu za obra-du tekućeg radioaktivnog otpada (spriječavanje miješanja radioaktivnih tekućina nastalih normalnim radom nuklearne elektrane od tekućina dobivenih operacijama pranja i dekontaminacije).

Literatura

- 1) LOVAŠIĆ Z. Mogućnost korištenja zeolita i hidroksidnih nosača u tehnologiji obrade tekućeg radioaktivnog otpada (Disertacija). Zagreb, Jugoslavija: Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1987. 132 str.
- 2) MUSIC S, GESSNER M, WOLF RHH. Sorption of Small Amounts of Cobalt(II) on Iron (III) Oxide
Mikrochimica Acta (Wien) 1979: 105-112.
- 3) DESPOTOVIĆ R, MUSIC S, SUBOTIĆ B, WOLF RHH. Decontamination of Radioactive Isotopes. : International Symposium on Decommissioning of Nuclear Facilities: Proceedings. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1979: 307-317.
- 4) PREMUZIC ET, MANAKTALA HK. Scoping Study of the Alternatives for Managing Waste Containing Chelating Decontamination Chemicals (Report). Upton, New York: Brookhaven National Laboratory, 1984. 47 str.

14th Yugoslav Symposium on Radiation Protection, Novi Sad, 08-11 June 1987.

SUBOTIĆ B, LOVAŠIĆ Z. The Possibility of Treatment of Low- and Medium-Active Liquid Effluents from Krško Nuclear Power Plant by Combined Methods

The possibility of the use of granulated zeolites and freshly precipitated Fe(OH)_3 for the removal of radioisotopes from low- and medium-active liquid waste from Krško Nuclear Power Plant were investigated. The results obtained have shown that removal efficiency is satisfactory for the radioisotopes of cesium and manganese (99.9 and 99.8%, respectively). The removal efficiency of radioisotopes of cobalt was about 90% and could be enlarged by the removal or destroying of complexing agents from the washing and decontamination liquids.

Key words: radioactive waste, zeolites, precipitates

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 08. - 11. lipnja 1987.

N.Filipović-Vinceković, N.Mašić, Lj.Brečević, V.Hlady i D.Škrtić

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

GEOKEMIJSKI ASPEKT ODLAGALIŠTA RADIOAKTIVNOG OTPADA

Sažetak Odlaganje radioaktivnog otpada mora biti tako izvedeno da je ekosistem zaštićen od mogućih prekomjernih utjecaja. Istraživanja geokemije lokacije odlagališta odnosno geosfere omogućavaju kvantitativno predviđanje ispuštanja i migracije radionuklida u biosferu. Dana je metodologija geokemijskih istraživanja koja omogućava procjenu pogodnosti lokacije odlagališta radioaktivnog otpada.

Uvod

Odabir mesta odlaganja radioaktivnog otpada, RAO, unutar odgovarajuće geosfere, bez obzira na vrstu otpada i izbor načina odlaganja, u velikoj se mjeri zasniva na geološkim faktorima. To podrazumijeva procjenu litološkog sastava, stratigrafije, hidrogeologije, geokemije, geotektonike i prirodnih bogatstava. Fizičko-kemijska i geokemijska svojstva geosfere odlagališta bi trebala biti takva da ograničavaju ispuštanje i transport radionuklida u biosferu. U kojoj mjeri je to postignuto procjenjuje se na osnovu geokemijskih istraživanja koja daju kvantitativni opseg kompleksnih fizičko-kemijskih interakcija u sustavu otpad-podzemne/površinske vode-stijene/tlo.

Fizičko-kemijska karakterizacija lokacije

Za razumijevanje i prognozu migracije radionuklida kroz geosferu i njihov ulazak u biosferu potrebno je skupiti i interpretirati čitav niz fizičko-kemijskih karakteristika lokacije koje obuhvaćaju:

- (i) čvrstu fazu lokacije (stijene/tlo)
- (ii) tekuću fazu lokacije (podzemne/površinske vode)
- (iii) procjenu utjecja topline, zračenja i pritiska u sustavu odlagalište/lokacija.

Svojstva čvrste faze lokacije direktno utječu na opseg međudjelovanja odlagalište/lokacija. Očito su poželjne takve karakteristike koje će sprečavati ili bar usporiti migraciju radionuklida u biosferu u slučaju probroja inžinjerskih barijera odlagališta. U okviru navedenih istraživanja potrebno je izvršiti mineraloške i petrološke analize, potpunu kemijsku analizu glavnih, sporednih i ele-

menata u tragovima, izotopnu analizu, mjerjenja pH i Eh, fizičkih parametara (poroznost, permeabilnost, specifična površina) te odrediti koeficijente distribucije kritičnih radionuklida.

Ponašanje radionuklida u podzemnim i površinskim vodama određeno je vrstom i opsegom interakcija s konstituentima tekuće faze odnosno topljivošću nastalih spojeva i stabilnosti anorganskih i organskih kompleksa. Karakterizacija tekuće faze lokacije uključuje potpunu kemijsku i mikrobiološku analizu, određivanje pH i Eh te suspendiranih čestica i koloida.

Procjene utjecaja topline, zračenja i pritiska u sustavu odlagalište-lokacija rade se u okvirima očekivanih vrijednosti. Utjecaji temperature i zračenja (dolazi do izražaja kod odlaganja visoko radioaktivnog otpada) reflektiraju se u mogućim geokemijskim promjenama mjesta odlaganja , a temperature i pritiska na kemijske ravnoteže i brzinu kemijskih reakcija.

Ovisno o stabilnosti konstituenata potrebna mjerjenja se izvode na terenu ili laboratorijski na uzorcima s terena ili na modelnim sistemima.

Oblici transporta radionuklida

Radionuklidi se mogu transportirati kao:

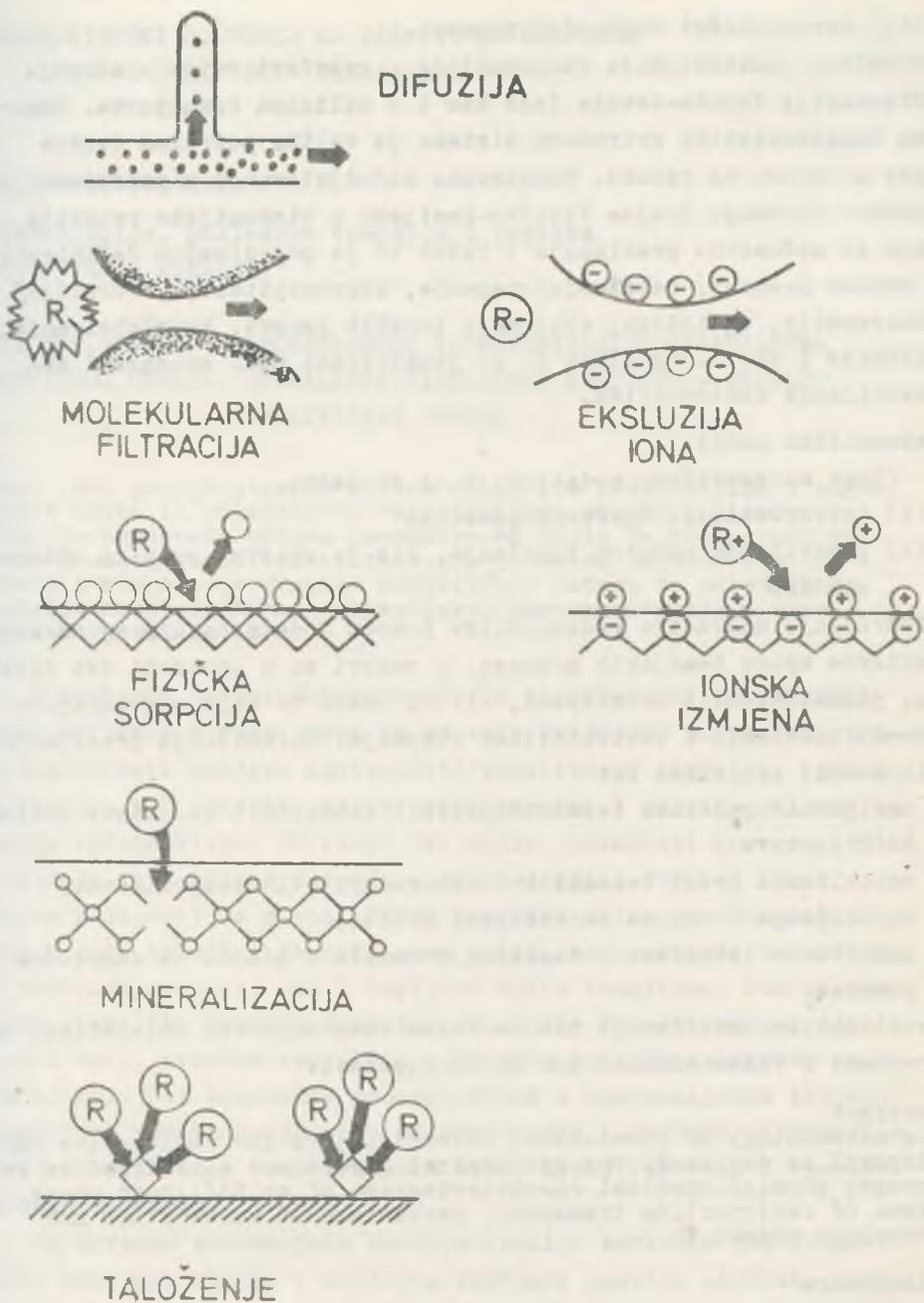
- (i) ioni ili molekule otopljeni u tekućoj fazi lokacije
- (ii) kompleksi (anorganski i organski)
- (iii) koloidi, pseudokoloidi ili suspendirane čestice.

Ponašanje radionuklida u tekućoj fazi je određeno prirodom nastalih spojeva. Osnovni problemi koji se javljaju u okviru tih istraživaњa proizlaze iz manjkavosti podataka o topljivosti spojeva radionuklid-konstituenti lokacije na povišenim temperaturama kao i iz relativno malog broja podataka o kompleksaciji radionuklida i organskih liganada. Koloidi, pseudokoloidi i suspendirane čestice mogu znatno promijeniti brzinu migracije radionuklida. Te se čestice ponašaju različito od otopljenih vrsta i ne očekuju se isti mehanizmi zaustavljanja kao kod iona, molekula ili kompleksa. Radionuklidi u koloidnom, pseudokoloidnom obliku te kao suspendirane čestice mogu migrirati dalje i brže nego oni otopljeni u tekućoj fazi.

Mehanizmi zaustavljanja radionuklida

Nakon fizičko-kemijske karakterizacije lokacije analiziraju se:

- (i) topljivost spojeva radionuklid/konstituenti lokacije
- (ii) mehanizmi sorpcije



Slika 1. Mehanizmi zaustavljanja radionuklida

(iii) neravnotežni dugoročni procesi.

Mehanizmi zaustavljanja radionuklida u geosferi ovise o stupnju interakcija čvrsta-tekuća faza kao i o oblicima transporta. Osnovna karakteristika prirodnog sistema je velika površina čvrste faze u odnosu na tekuću. Kompleksna međudjelovanja u prirodnom sustavu uzrokuju brojne fizičko-kemijske i biokemijske reakcije koje se međusobno preklapaju i teško ih je pojedinačno definirati (redoks procesi, taloženja/otapanje, koprecipitacija, sorpcija-/desorpcija, radioliza, stvaranje ionskih parova, kompleksiranje, difuzija i dr.). Na slici 1. su ilustrirani neki mehanizmi zaustavljanja radionuklida.

Matematički modeli

Uloga matematičkog modeliranja je dvojaka:

- (i) interpretacija mjereni podataka
- (ii) predviđanja budućeg ponašanja, što je osnovni problem odlaganja RAO

Predviđanje migracije radionuklida pomoću modela bazira se na matematičkom opisu kemijskih procesa. U osnovi su u upotrebi dva pristupa, jednostepeni i dvostepeni, ali ni jedan ne daje odgovarajuću obradu taloženja i reverzibilnog otapanja. Ograničenja primjenjivih modela proizlaze iz:

- nesigurnih podataka termokemijskih i kinetičkih svojstava prirodnog sustava
- ograničenja broja terenskih i laboratorijskih eksperimenata
- ograničenja u odnosu na kemijske procese
- nedostatka iskustava u testiranju modela u odnosu na dugoročne procese.

Problematika modeliranja bit će važna tako dugo dok odlagalište ne prestane s radom odnosno dok se ne zapečati.

Abstract

The methodology of geochemical investigations for radioactive waste disposal is depicted. The geochemical spectra are classified in four groups; physico-chemical characterization of solid/liquid phase, forms of radionuclide transport, mechanisms of retardation and transport models.

Literatura

1. J.A.Apps et al, Status of Geochemical Problems Relating to the Burial of High-Level Radioactive Waste, Lawrence Berkeley Laboratory, Report LBL - 15103 (1982).
2. A.G.Milnes, Geology and Radwaste , Academic Press, London (1985).

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8. - 11. lipnja 1987.

D.Škrtić i Lj.Brečević

OUR Tehnologija, nuklearna energija i zaštita

Institut "Ruder Bošković"

O ULOZI TOPLJIVOSTI U GEOKEMIJSKOJ KARAKTERIZACIJI ODLAGALIŠTA
RADIOAKTIVNOG OTPADA. STAJALIŠTE FIZIKALNOG KEMIČARA – PREGLED
ANALITIČKIH METODA

Sažetak Pri procjenjivanju brzine migracije radionuklida i odgovarajućih vrsta iz odlagališta radioaktivnog otpada u biosferu, potrebno je poznavati brojne parametre od kojih je topljivost spojeva radionuklid/konstituenti lokacije jedan od najosnovnijih. U kontekstu s tim dan je pregled analitičkih metoda za određivanje pokazatelja neophodnih pri geokemijskoj karakterizaciji mjesta jednog takvog odlagališta.

U postupku hidrološko-geokemijske karakterizacije odlagališta radioaktivnog otpada jedan je od vrlo značajnih parametara procjena topljivosti spojeva radionuklid/konstituent lokacije, kako bi se na temelju tih podataka mogle pretpostaviti i proračunati brzine migracije radionuklida. Potrebno je, dakle, poznavati procese koji kontroliraju vrijeme zadržavanja u vodenoj i/ili čvrstoj fazi. Reakcijom radionuklida s različitim konstituentima površinskih i podzemnih voda lokacije te stijenama i tlu, mogu nastati relativno teško topljivi spojevi, ali i topljive vrste kompleksa. Dok se taloženjem stabilnih čvrstih produkata smanjuje koncentracija radioaktivnih radionuklida u vodi, tvorbom topljivih kompleksa postiže se upravo suprotan učinak. Oba spomenuta procesa ovise o oksidacijskom stupnju radionuklida, redoks svojstvima prirodne vode i okolnih stijena/tla te o prisutnosti iona konstituenata teško topljivih soli i kompleksirajućih liganada.

Za potpunu geokemijsku karakterizaciju potrebno je, stoga utvrditi kemijski sastav (detaljna kemijska analiza glavnih, srednjih i elemenata u tragovima), pH, oksidacijsko-reduksijski potencijal, (Eh), te odrediti broj i raspodjelu dispergiranih čvrstih čestica po veličini.

(i) Izbor analitičke metode za utvrđivanje sastava otopljenih komponenata ovisi o raspoloživoj instrumentalnoj opremi,

ali se općenito može reći, da se za analizu kationa i metala u travgovima najčešće koristi kombinacija različitih spektroskopskih tehniku, dok se anioni određuju primjenom gravimetrijskih i titracijskih analitičkih metoda te elektrokemijskih i kromatografskih tehniku. Različiti analitički postupci i ograničenja detaljno su diskutirani u brojnim publikacijama (1-5).

(ii) Redukcijsko-oksidacijski potencijal (Eh) uzoraka vode najčešće se mjeri upotrebom Pt-elektrode u sprezi s referentnim eleketrodnim sustavom i uz osjetljivi volmetar. Direktna mjerena Eh vrijednosti uključuju vrlo kompleksne teorijske i praktične probleme pa je kvantitativna interpretacija podataka u većini slučajeva ograničena (6-8), ali dosta na za utvrđivanje kontrolnog redoks procesa (9).

(iii) Postoje dva temeljna pristupa u ocjenjivanju utjecaja nastajanja netopljivih spojeva na koncentraciju radionuklida u prirodnim vodama:

- proračun koncentracija na temelju termodinamičkih podataka o konstantama produkata topljivosti i konstantama stabilnosti kompleksa
- direktno mjerena i određivanje topljivosti

Nužno je napomenuti da su podaci o topljivosti, posebice Np, Am i Pu karbonata, fosfata i silikata (a oni su itekako značajni u slučaju odlaganja visoko radioaktivnog otpada) više nego oskudni. Nadalje, glavnina podataka o termodinamičkim konstantama produkata topljivosti i najjednostavnijih soli odnosi se na podatke kod nižih temperaturi. Ove činjenice nedvojbeno ukazuju na izuzetan značaj koji ima topljivost, a posebno primjena direktnog mjerena, u sklopu ekološke analize sigurnosti odlagališta radioaktivnog otpada.

Određivanje topljivosti metodom direktnog mjerena posao je kemičara, analitičara i uključuje niz koraka: pripremu čvrste faze i njenu karakterizaciju, odjeljivanje čvrste faze od matične otopine i analizu otopine. Svojstva teško topljivih soli što nastaju taloženjem iz elektrolitnih otopina određena su mehanizmima i relativnim brzinama kontrolnih taložnih procesa: nukleacije, rasta kristala, njihove agregacije, Ostwaldovim zrijenjem i/ili transformacijom metastabilnih faza. Njih pak određuju kinetički i termodinamički faktori odnosno specifične kemijske interakcije na granici faza čvrsto/tekuće. Poznato je da hidrofobne supstance tvore koloidne disperzije, dok hidrofilne daju najčešće visoko hidratizirane prekursore (10,11), koji često i nemaju jasno izraženu kristaličnu strukturu. Ove činjenice nameću potrebu detaljnog i potpunog karakteriziranja.

ranja nastalih čvrstih faza. Njihov budući sastav i struktura mogu varirati ovisno o brojnim parametrima: pH, temperatura, koncentracija i omjer koncentracija reaktanata, prisutnost različitih aditiva i dr. (12-17). U prirodnoj okolini izuzetan će značaj imati i postepena transformacija metastabilnih oblika pa i tom fenomenu treba pristupiti s posebnom pažnjom i detaljno ga ispitati.

Abstract

The role of elemental solubilities and relevant species in estimation of radionuclide migration properties from waste disposal to biosphere is discussed. In addition, a survey of analytical methods for determination of chemical composition, pH, temperature, Eh and particle size analysis required for a geochemical characterization of disposal site is presented.

Literatura

1. R.Brown et al, Methods for collection and analysis of water samples for dissolved minerals and gases, in : Techniques of Water Resources Investigations, Book 5, Chap. A-1, U.S. Geological Survey, Reston , Virginia, 1970.
2. A.J.Ellis et al, Methods of Collection and analysis of Geothermal Fluids (2nd ed.) Chem. Div. Dept. of Scientific and Industrial Res., New Zealand, Report No.C.D. 2103, 1968:51
3. M.Pinta, Modern Methods for Trace Elements analysis, Ann Arbor, Michigan, (1978:429).
4. J.D.Winerforder, Trace Analysis: Spectroscopic Methods for Elements, Vol. 46, John Wiley Sons , New York, 1976:484.
5. W.W.Wood, Guidelines for collection and field analysis of groundwater samples for selected unstable constituents, Techniques of Water-resources Investigations, Book 1, Chapter D2, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia 1976.
6. W.Stumm, Redox potential as an environmental parameter:conceived significance and operational limitation, 3rd International Conference on Water Pollution Research, Sec. 1,no. 13, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 1966: 16.
7. W.Stumm and J.J.Morgan, Aquatic Chemistry, Wiley-Interscience, New York, 1970.
8. J.C.Morris and W.Stumm, Redox equilibria and measurements of potentials in the aquatic environment, equilibrium concepts in natural water systems, Advances in Chemistry Series, v. 67, 1967:270-285.

9. D.C.Thorstenson and D.W.Fisher, The Geochemistry of the Fox Hills-Basal Hell Creek Aquifer in Southwestern North Dakota and Northwestern South Dakota, Water Resources Research, v. 15, no. 6, 1970:1479-1498.
10. Lj.Brečević, H.Füredi-Milhofer, Precipitation of Calcium Phosphate from Electrolyte Solutions. II. The Formation and Transformation of the Precipitates, Calc.Tiss.Res. 1972; 10:82-90.
11. H.Füredi-Milhofer,Lj.Brečević, B.Purgarić, Crystal Growth and Phase Transformation in the Precipitation of Calcium Phosphates, Faraday Discussion of the Chemical Society, 1976; 61: 184-193.
12. D.Škrtić, H.Füredi-Milhofer, Kemija i značenje magnezij ortofosfata, Kem.Ind. 1978; 4:193-199.
13. B.Subotić, D.Škrtić, I.Šmit, L.Sekovanić, Transformation of Zeolite A into Hydrosodalite, I. An approach to the mechanism of transformation and its experimental evaluation , J.Crystal Growth,1980; 50:498-508.
14. J.Garside, Lj.Brečević, J.W.Mullin, The effect of Temperature on the Precipitation of Calcium Oxalate, J.Crystal Growth , 1982; 57:233-240.
15. D.Škrtić, M.Marković, Lj.Komunjer, H.Füredi-Milhofer, Precipitation of Calcium Oxalates from High Ionic Strength Solutions. I. Kinetics of spontaneous precipitation of calcium oxalate trihydrate, J.Crystal Growth 1984; 66:431-440.
16. Lj.Brečević, D.Škrtić, J.Garside, Transformation of Calcium Oxalate Hydrate, J.Crystal Growth 1986; 74:399-408.
17. D.Škrtić, M.Marković, H.Füredi-Milhofer, Precipitation of Calcium Oxalates from High Ionic Strength Solutions. IV. Testing of kinetics models. J. Crystal Growth 1986; 79:791-796.

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRACENJA

Novi Sad, 08. - 11. lipnja 1987.

V. Hlady, N. Mašić i N. Filipović-Vinceković

Institut "Ruder Bošković", Zagreb

SORPCIJA RADIONUKLIDA U SVIJETLU ODABIRA ODLAGALIŠTA RADIOAKTIVNOG OTPADA: INSTRUMENTARIJ ZA ANALIZU, PROBLEMI I EKSPERIMENTALNE METODE

Sazetak

Problem sorpcije radionuklida obraden je u svijetlu odabira odlagališta radioaktivnog otpada. Dan je pregled cijelog niza analitičkog instrumentarija, mogućih problema i eksperimentalnih tehnika.

Uvod

Mehanizmi širenja radionuklida u geosferi ovisni su o međusobnom djelovanju faza od kojih bar jedna sadrži radionuklid. U slučaju radionuklida topljivih u tekućem dijelu geosfere jedan dio procesa zaustavljanja ili usporavanja širenja radionuklida obilježava sa pojmom "sorpcija". Unutar tog pojma mogu se raspoznati dvije različite vrste procesa dok se jedni procesi osnivaju na ograničenju toka tekuće faze u kojoj se nalazi radionuklid, drugi ovise o vjerojatnosti prelaza radionuklida iz tekuće u ili na krutu fazu. Dalja podjela ove druge vrste procesa razlikuje položenje i sataloženje radionuklida i njihovo ugradivanje u krutu fazu, te procese koji se odigravaju na samoj površini krute faze kao što su: adsorpcija radionuklidnih specija, ionska izmjena i kompleksiranje na površini. Svi ovi procesi mogući su i javljaju se na putu koji prolazi neki radionuklid u geosferi. Stoga će kod odabira lokacije za odlagalište radioaktivnog otpada uspješno geokemijsko modeliranje migracije radionuklida zahtjevati detaljno poznavanje mogućih sorpcijskih mehanizama karakterističnih za določenu lokaciju.

Instrumentarij za analizu

Gotovo je nemoguće na neki općeniti način predviđjeti rezultate sorpcijiskih mehanizama tako da budu primjenljivi za većinu kemijskih sistema. Poznati su, međutim, osnovni principi koji određuju međudjelovanje radionuklida i sorbenta. Kod procjene transporta radionuklida u geosferi koristi se nekoliko jednadžbi koje su dobivene uz cijeli niz pojednostavljenja, a koje uključuju difuziju i sorpciju (1). Za njihovo riješavanje potrebno je znati raspodjelu radionuklida između krute i tekuće faze. Za dobivanje informacije o raspodjeli postoje tri glavna pristupa:

- a) korištenje idealnog modela koji daje koeficijent distribucije, K_d , a bazira se na zakonima raspodjele koji vrijede za idealan slučaj sistema u ravnoteži u kojem su procesi ravnotežni, a temperatura konstantna. Taj se slučaj može opisati nizom modela adsorpcijiskih izotermi (Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich i sl.) (2),
- b) korištenje empirijskog modela koji se dobiva simulacijom realnih uvjeta sorpcije radionuklida u laboratoriju ili na terenu pa se extrapolira na realne uvjete sorpcije pojedinog radionuklida na pojedinoj lokaciji s više ili manje uspjeha,
- c) korištenje termodynamičkog modela koji uključuje fenomene "sorpcije" u različite forme postojecih termodynamickih modela geokemijskog međudjelovanja tlo/voda i ionske specijacije u vodenoj fazi. Tu su uključeni i modeli električnog dvosloja na granici krute i tekuće faze, fizička adsorpcija i kemisorpcija i svi njima podređeni procesi na površini (London-Van der Waal's interakcije, veze tipa vodikove veze, ionska zamjena, i stvaranje površinskih kompleksa) (3).

Problemi

Predloženi instrumentarij ne uzima u obzir slijedeće aspekte međudjelovanja radionuklid - sorbent: utjecaj kinetike međudjelovanja se zanemaruje i smatra se da se sorpcijska ravnoteža postiže za vrijeme trajanja eksperimentalnog modeliranja; pitanje reverzibilnosti ne omogućava razlikovanje irreverzibilnog sorpcijiskog procesa i onog u kojem je desorpcija veoma spora, radionuklidi u otopinama mogu biti i u koloidnoj formi koja dalje može reagirati s sorbentom, ali na drugačiji način, i dio radionuklida može biti prenošen mikrobiološkom aktivnošću.

Eksperiment

Cijeli niz eksperimentalnih tehnika postoji i koristi se u istraživanjima sorpcije (4). One se mogu klasificirati i na slijedeći način: 1) laboratorijske (s podjelom na statičke, dinamičke i mehanističko-termodinamičke), 2) terenske i 3) analogne studije. Statičke laboratorijske tehnike mjere, obično "batch" metodom, raspodjelu radionuklida između krute i tekuće faze, a trebaju odgovoriti na pitanja o kinetici, količini i reverzibilnosti sorpcije radionuklida na pojedinom materijalu. Dinamičke tehnike daju odgovore na slična pitanja u sistemima gdje je jedna od faza (obično tekuća) pokretna; na primjer kod "kolonskih" metoda protjecanjem radionuklida kroz kolonu punjenu sorbentom istražuje se utjecaj profila ulaska radionuklida, "pakiranje" krute faze i profila izlaska radionuklida na njegovo zadržavanje u koloni. Iako se dio mehanističkih informacija može dobiti iz statičkih i dinamičkih eksperimenata, njih je potrebno nadopuniti s analizom jednog niza prirodnih geoloških sistema pa su stoga istraživanja tog tipa još nedovoljno razvijena. Terenska istraživanja su u većini slučajeva slični "kolonskim" eksperimentima u velikom mjerilu, a uključuju tehnike lizimetrije, migracione studije radionuklidnog obilježivača u bušotinama. Primjena analognog studija ograničena je praktičnim trajanjem eksperimenta koji je u pravilu manji nego što to zahtjevaju sigurnosne analize.

Zaključak

Istraživanje sorpcijskih mehanizama neophodno je za pravilan odabir lokacije odlagališta radioaktivnog otpada. Uz predloženi instrumentarij istraživanja i eksperimentalne tehnike potrebno je također koristiti banke podataka karakterističnih sorpcijskih parametara različitih kombinacija radionuklida i vrste sorbenta (5).

Abstract

Problem of radionuclide sorption is considered from the point of radioactive waste disposal site selection. A number of instrumental modeling approaches, problems and experimental techniques is reviewed.

Literatura

- 1 Hadermann, J. i Rösel, F., "Radionuclide chain transport in inhomogeneous crystalline rocks - limited matrix diffusion and effective surface sorption", Nagra NTB 85-40/EIR Bericht 551, 1985.
- 2 Travis, C C i Etnier, E L, "A survey of sorption relationship for reactive solute in soil", J Environ Qual, 10 (1981) 8.
- 3 Adamson, A W, "Physical Chemistry of Surfaces", Interscience Publishers, New York, 1967.
- 4 na primjer vidi Ames, L L i Rai, D, "Radionuclide interaction with rock and soil media", Rep U.S. EPA, EPA-520/6-78-007, 1978.
- 5 OECD Nuclear Energy Agency u Parizu gradi "sorpcijsku" banku podataka: ISIRS (International Sorption Information Retrieval System)

UKLANJANJE RADIOIZOTOPA CEZIJA IZ OTOPINA POMOĆU GRANULIRANOG SINTETSKOG MORDENITA

Bronić, J. i Subotić, B.

Institut "Ruder Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

Uvod

Poznato je da su molekularna sita zeolitnog tipa izvanredni kationski izmjnjivači velikog kapaciteta zamjene i izrazite selektivnosti (1,2). Takva ionsko-izmjnjivačka svojstva čine zeolite veoma perspektivnim materijalima za tretman radioaktivnih tekućina iz nuklearnih postrojenja (3-5). U ovom radu, ispitana je mogućnost uklanjanja iona-radioizotopa cezija iz otopina, upotrebom granuliranog sintetskog mordenita.

Mjerenja

U svrhu određivanja efikasnosti uklanjanja cezijevih iona-radioizotopa iz otopina, otopine cezijevih iona različitih koncentracija (10^{-1} - 10^{-7} mol dm $^{-3}$) označene su s radioizotopom Cs-134 (Amersham) i s brzinom protoka od 1 cm 3 /min propuštane su kroz kolone napunjene s 10 g granuliranog sintetskog mordenita (SM) na 298 K. Tokom propuštanja otopina kroz kolone, alikvotnim volumenima, $V_i = 10$ cm 3 , tretirane otopine mjerena je specifična radioaktivnost (A_v) $_i$. Iz izmjerene vrijednosti (A_v) $_i$ i specifične radioaktivnosti otopine prije prolaza kroz kolonu, A_o , izračunata je frakcija cezijevih iona u tretiranoj otopini pomoću formule:

$$f_v = 10 \sum_{i=1}^n (A_v)_i / A_o V_u = C_v / C_o$$

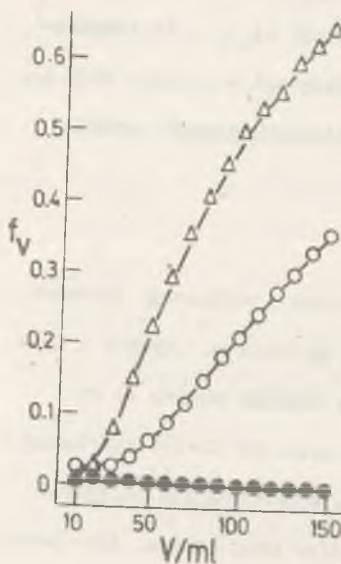
gdje V_u je ukupan volumen tretirane otopine. Nakon prolaza cijelokupnog volumena V_u , kroz kolonu s granuliranim sintetskim mordenitom, granule su isprane s destiliranim vodom i podijeljene u određen broj segmenta jednake dužine (1 cm). Nakon sušenja izmjerena je radioaktivnost (A_g) $_i$, radioizotopa Cs-134 sadržanog u svakom segmentu. Iz izmjerene radioaktivnosti (A_g) $_i$, koncentracija cezijevih iona sadržanih u pojedinom segmentu nakon prolaza otopine kroz kolonu, izračunata je pomoću formule:

$$M_L = C_o V_u (A_g)_i (1 - f_v) / 1000 \sum_{i=1}^m (A_g)_i$$

gdje C_0 je početna koncentracija cezijevih iona u otopini a m je ukupan broj segmenta. Rezultati su prikazani u slikama 1 i 2 kao ovisnost f_v o V_u , odnosno kao ovisnost f_v o dužini prijedenog puta L , otopine u koloni.

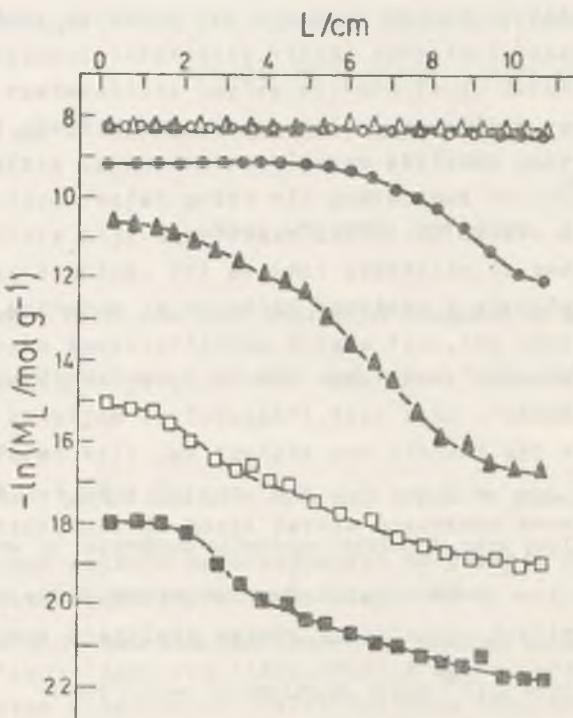
Rezultati i diskusija

Sl. 1 prikazuje ovisnost frakcije f_v , cezijevih iona ostalih u tekućoj fazi nakon propuštanja 10^{-1} , 5×10^{-2} , 10^{-2} i 10^{-3} molarnih otopina, označenih sa $\text{Cs}-134$, kroz kolone punjene s 10 g SM , o volumenu V , propuštene otopine. Cezijevi ioni iz otopina s koncentracijama manjim od $10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ mogu se uđanim uvjetima ($V_u = 150 \text{ cm}^3$, brzina protoka $u_v = 1 \text{ cm}^3/\text{min}$, $T = 298 \text{ K}$) potpuno ukloniti iz tekuće faze, zamjenom s Na^+ ionima iz sintetskog mordenita. Povećanjem koncentracije cezijevih iona, efikasnost uklanjanja se naglo smanjuje zbog zasićenja sintetskog mordenita sa Cs^+ ionima i probaja kapaciteta kolone. Sl. 2 pokazuje da je u slučaju prolaza 150 ml 10^{-1} i 5×10^{-2} molarnih otopina Cs^+ iona sadržaj Cs^+ iona u svim segmentima približno isti ($2,6 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1}$), ali manji od realnog kapaciteta ($1,2 \times 10^{-3} \text{ mol g}^{-1}$).



Sl. 1. Ovisnost frakcije f_v , cezijevih iona zaostalih u tekućoj fazi nakon prolaza 10^{-1} (Δ), 5×10^{-2} (\circ), 10^{-2} (\bullet) i 10^{-3} (\bullet) molarnih otopina cezijevih iona ($= C_0$) kroz kolone napunjene s 10 g granuliranog sintetskog mordenita, o volumenu V , tretirane otopine. Brzina protoka otopina kroz kolone bila je $1 \text{ cm}^3/\text{min}$, a temperature zamjene bila je 298 K .

To znači da se tokom prolaza 10^{-1} i 5×10^{-2} molarnih otopina cezijevih iona kroz kolone postigne zasićenje samo u površinskom sloju zeolita. Sličan efekt zapažen je i u slučaju uklanjanja iona cera iz otopina upotrebom sintetskog mordenita (3). Za koncentracije cezijevih iona manje od 5×10^{-2} mol dm⁻³, broj segmenata zasićenih s Cs⁺ ionima se naglo smanjuje i postaje približno konstantan za $[Cs^+] \leq 10^{-3}$ mol dm⁻³, a koncentracija zasićenja opada približno linearno sa smanjenjem početne koncentracije C_0 , cezijevih iona u otopini. Odavde slijedi da se iz otopina cezijevih iona s početnim koncentracijama jednakim ili manjim od 10^{-3} mol dm⁻³, mogu prolazom kroz kolonu napunjenu s granuliranim sintetskim mordenitom ukloniti gotovo svi cezijevi ioni ($C_0/C_v \geq 1500$) u danim uvjetima, što se vidi i u Sl. 1.



Sl. 2. Logaritam $\ln M_L$, količine cezijevih iona sadržanih u 1 g granula nakon prolaza 150 ml 10^{-1} (Δ), 5×10^{-2} (●), 10^{-3} (▲), 10^{-5} (□) i $2,8 \times 10^{-7}$ (■) molarnih otopina cezijevih iona (= C_0) kroz kolone, prikazan kao funkcija dužine prijedenog puta L . Ulaz otopine u kolonu bio je kod $L = 0$, a brzina protoka bila je $1 \text{ cm}^3/\text{min}$ na 298 K.

Literatura

- 1) BARRER RM, DAVIES JA, REES LVC. Comparison of the Ion Exchange Properties of Zeolites X and Y.
J. Inorg. Nucl. Chem. 1969; 31: 2599-2609.
- 2) SHERRY HS. Exchange in the Synthetic Zeolites Linde X and Y
J. Phys. Chem. 1968; 72: 4086-4094.
- 3) SUBOTIĆ B, BRONIĆ J. Removal of Ce(III) Species from Solutions Using Granulated Zeolites
J. Radicanal. Nucl. Chem. 1986; 102: 465-481.
- 4) LOVAŠIĆ Z. Mogućnost korištenja zeolita i hidroksidnih mordenita u tehnologiji obrade tekućeg radioaktivnog otpada (Disertacija). Zagreb, Jugoslavija: Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1987. 132 str.
- 5) MIMURA H, FUKOMORI M, OTANI T, KANNO T. Dynamic Properties of Ion Exchange of Cesium into Zeolites
Bull. Res. Inst. Min. Dress. Met. 1979; 35: 19-26.

14th Yugoslav Symposium on Radiation Protection, Novi Sad, 08-11 June 1987.

BRONIĆ J, SUBOTIĆ B. Removal of Cesium Ions from Solutions Using Granulated Synthetic Mordenite

The removal efficiency of cesium ions from solutions during their passing through the columns filled with granulated synthetic mordenite, as well as the distribution of cesium ions in the columns after the passing of the solutions were measured. The results obtained have shown that more than 99,9% of cesium ions could be removed from $\leq 10^{-2}$ molar solutions of cesium ions.

Key words: radioisotope, cesium, ion exchange, zeolite

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 8-11. juli 1987

Lazić S., Vuković Z.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

SORPCIONE KARAKTERISTIKE AMORFNOG KALCIJUM FOSFATA

REZIME

Karakterizacija amorfog kalcijum fosfata (ACP), staloženog pri pH=10.8 u uslovima visokog presišenja, vršena je primenom metoda strukturne i morfološke analize. Rezultati ispitivanja dobijeni različitim metodama su u dobroj saglasnosti. Utvrđeno je da su primarne čestice ACP sferoidi srednjeg dijametra 30 nm i da u tom obliku učestvuju u procesu sorpcije radionuklida.

UVOD

Jedinjenja kalcijum fosfata spadaju među najefikasnije i najčešće korišćene sorbente pri tretmanu radioaktivnih efluenata metodama sorpcije i koprecipitacije (1). Visoki sorpcioni kapacitet kalcijum fosfata za niz radionuklida bazira na formiranju čvrstih rastvora sa tim elementima i površinskoj adsorpciji radionuklida na hemijskim formama kalcijum fosfata sa visoko razvijenom aktivnom površinom.

Kalcijum fosfat gradi niz jedinjenja različitog hemijskog sastava i strukture čija stabilnost zavisi od uslova sinteze i karakteristika hemijske sredine. Pri primeni sorbenata, za zadate uslove tehnološkog procesa, potrebno je odrediti hemijsku i strukturu formu, morfologiju i površinske karakteristike čvrste faze, jer upravo ove osobine određuju efikasnost sorpcije. U ovom radu takođe karakterizacija vršena je na amorfnom kalcijum fosfatu (ACP), fazi koja prethodi formiranju svih kristalnih formi kalcijum fosfata pri sintezi pri visokim i srednjim presišenjima i pH ≥ 7 .

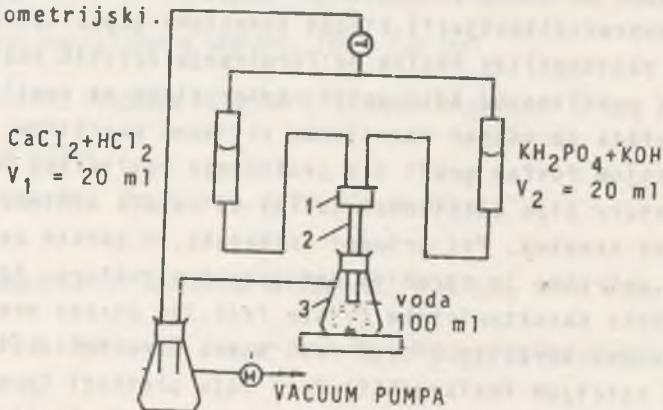
U literaturi je dosta pažnje posvećeno amorfnom kalcijum fosfatu, ali još uvek postoji neodredjenosti po pitanju njegovog formiranja, hemijskog sastava, strukture i morfologije (2-4).

Primena klasičnih metoda ispitivanja čvrste faze daje nedovoljne i često iskrivljene rezultate. Čestice ACP u vodenoj suspenziji odlikuju se visokom ovođenjenošću, malom gustinom, odsustvom makro uredjenosti, brzom koagulacijom. Zbog svega ovoga, slika koja se dobija pri analizi osušenog uzorka ACP ne odgovara karakteristikama čestica ACP stvarno prisutnim u rastvoru, očito obliku u kome one učestvuju u sorpcionim procesima. Ove činjenice ukazuju na potrebu primene metoda karakterizacije čestica direktno u rastvoru i korekcije u interpretaciji podataka dobijenih metodama ispitivanja suvog taloga.

METODE

U našem eksperimentalnom radu karakterizaciju ACP vršili smo: 1.analizom suvog taloga ACP primenom metoda strukturne i morfološke analize(x-ray difrakcija,transmisiona elektronska mikroskopija(TEM), topotna desorpcija azota po BET-u).Pri uzimanju uzorka koristili smo metodu prekinute struje čime je agregacija čestica usporavana ili stopirana;2.analizom čestica ACP u rastvoru metodom sorpcionog zondiranja površine čestica radioaktivnim ^{85}Sr i metodama hemijske analize rastvora na sadržaj svih komponenata.

Sinteza staloga vršena je pri uslovima brzog mešanja,u aparaturi prikazanoj na sl.1,pri pH=10.8,u širokom opsegu polaznih koncentracija reagenata(tabela).Vreme makrohomogenizacije rastvora iznosi 10^{-2} s, vreme proticanja kroz cev 10^{-1} s. 1 s posle slivanja reagenata,suspenzijsa pada u prijemnik sa vodom.Razblaženje iznosi 2,5 puta.U eksperimentu zondiranja u prijemniku se nalazio ^{85}Sr bez nosača,čija je koncentracija merena radiometrijski.



Sl.1.Aparatura za brzo mešanje reagenata
1-mešač;2-protočna cev;3-prijemnik.

REZULTATI I DISKUSIJA

Hemijskom analizom rastvora u ravnoteži sa izvojenim talogom, utvrđeno je da njegov sastav odgovara trikalcijum fosfatu,sa odnosom $\text{Ca}/\text{P} \sim 1.5$.Rendgenska analiza pokazuje da je talog amorfni.čestice suvog ACP,na elektronskom mikrografu dobijene pomoću TEM Philips-300 su sferoidi,delimično vezani u aggregate.Podaci o njihovoj srednjoj veličini dobijeni iz normalizovanih funkcija raspodele po dijametru projekcije dati su u tabeli.U svakom eksperimentu izmereno je 500-800 čestica.Specifične površine čestica izračunate iz podataka funkcije raspodele prema formuli(1)u sažasnosti su sa podacima dobijenim po metodi topne desorpcije azota po BET-u(tabela)

$$F = \frac{\langle d^2 \rangle_6}{\rho_d \langle d^3 \rangle} \quad (1)$$

gde su: $\rho_d = 3,14$ gustina suvog ACP(g/cm³); d -dijametar projekcije čestice na elektronskom mikrografu(cm); $\langle \cdot \rangle$ -simbol usrednjenja za kolektiv čestica. Pošto talog pri sušenju trpi promene, koje u slučaju visoko ovodnjениh čestica ACP nisu zanemarljive, izmereni dijametri čestica najverovatnije odstupaju od onih koji karakterišu čestice u rastvoru. Procena stvarnih dijametara čestica(\bar{z}) vršena je iz podataka o funkcijama raspodele po dijametru projekcije, primenom jednačine(2)

$$\rho_d d^3 = \rho_s \bar{z}^3 \quad (2)$$

gde su $\rho_s = 1,9$ gustina čestica ACP u suspenziji(g/cm³); \bar{z} -dijametar čestice ACP(cm).

Tabela

Broj eksper.	Koncentracije polaznih reagenata CaCl ₂ (mol/l) KH ₂ PO ₄	Sred.prečn. projek.čest. ACP na elek. mikrografu <d> (nm)	Spec.povr. čest. iz podataka TEM F(m ² /g)	Spec.povr. Srednji BET-u Sp(m ² /g)	Spec.povr. Srednji čest.ACP u rastv. <z>(nm)
1	4,0 · 10 ⁻³	2,4 · 10 ⁻³	23,8	59	62 ± 2 29,20
2	8,0 · 10 ⁻³	4,8 · 10 ⁻³	25,1	58	82 ± 1 26,79
3	4,0 · 10 ⁻²	2,4 · 10 ⁻²	19,3	59	67 ± 2 28,63
4	4,0 · 10 ⁻¹	2,4 · 10 ⁻¹	27,0	75	70 ± 1 29,20

Metoda sorpcionog zondiranja izotopom ⁸⁵Sr primenjena je za uslove eksperimenta(2). Ekstrapolacijom kinetičkih podataka sorpcije na vreme t=0 izračunata je veličina sorpcije na površini čestica, odakle je izračunata specifična površina čestica po formulama(3)i(4):

$$m_{Ca}^0 = \frac{C_{Sr}^0 - \phi}{\phi} \cdot \frac{C_{Ca} \cdot V}{K} \quad (3)$$

$$S_p = \frac{m_{Ca}^0}{m} \quad (4)$$

gde je: $m_{Ca}^0 = 8,29 \cdot 10^{-5}$ -masa Ca u površinskom monosloju(mol); $C_{Sr}^0 = 1,64 \cdot 10^{-9}$ polazna koncentracija ⁸⁵Sr u rastvoru(mol/l); $\phi = 6,56 \cdot 10^{-10}$ granična koncentracija ⁸⁵Sr u rastvoru(mol/l), $\phi = \lim_{t \rightarrow 0} C_{Sr}^0 / C_{Ca}$; $C_{Ca} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ koncentracija Ca u rastvoru(mol/l); $K = 0,38$ koeficijent površinske raspodele ⁸⁵Sr; $V = 0,14$ zapremina suspenzije(\bar{z}); $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ Avogadrov broj; $m = 4,65 \cdot 10^{-5}$ masa čvrste faze ACP(mol). Iz ovih podataka izračunata specifična površina čestica ACP u rastvoru iznosi 107 m²/g, što približno odgovara dijametru čestice ACP $\bar{z} = 30$ nm.

ZAKLJUČAK

Različitim eksperimentalnim metodama određen je dijametar "živih" čestica ACP u rastvoru. Dobijena je saglasnost za srednju vrednost

oko 30 nm. Pošto dijametar čestica ne zavisi od polaznog presićenja, može se zaključiti da izmerene vrednosti odgovaraju primarnim česticama nastalim molekulskim rastom. Sirok dijapazon podataka o dijametru čestica (20-200) nm koji se sreće u literaturi najverovatnije je posledica sličnosti forme primarnih čestica i njihovih agregata, kao i orto-fakata pri čestice imaju definisanu vrednost srednjeg prečnika. Sve veća odstupanja sredine kao što su: vrsta elektrolita, jonska jačina rastvora, hidrodinamički faktori itd.

ABSTRACT

The characterisation of amorphous calcium phosphate, precipitated at pH=10.80 in high supersaturated solutions was carried out by the methods of structural and morphological analysis. The results obtained by a different methods are in good agreement. It was found that primary particles of ACP were spheroids of 30nm average size and in this form participate in the process of a radionuclide sorption.

LITERATURA

1. Rustom Roy, Radioactive Waste Disposal, Volume 1: The Waste Package 1982., New York, 206-210
2. Meyer J.L., Weatherall C.C., Amorphous to Crystalline Calcium Phosphate Phase Transformation at Elevated pH, J. Colloid Interface Sci. 1982; 89, 257-267.
3. Feenstra T.P., De Bruyn P.L., Light Scattering Studies on Solution Containing Calcium Phosphates, J. Colloid Interface Sci. 1980; 73, 431-437.
4. Eanes E.D., Termine J.D., Nylen M.W., An Electron Microscopic Study of the Formation of Amorphous Calcium Phosphate and Its Transformation to Crystalline Apatite, Calc. Tiss. Res. 1973, 12, 143-158.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOIZIJUM
ZA ZASTITU OD ZRACENJA

NOVI SAD, 8.-11.juni, 1987.

Milošević Z., Kljajić R., Selak I., Horšić E., Marković Z.

ZAVOD ZA RADILOGIЈУ VETERINARSKOG FAKULTETA SARAJEVO
INSTITUT ZA PATOLOGIЈU MEDICINSKOG FAKULTETA SARAJEVO

PATOMORFOLOŠKE PROMJENE NA KOŽI SVINJA AKUTNO
OZRaćENIH VISOKOENERGETSKIM X ZRaćENJEM

R E Z I M E:

Ispitivane su kliničke i patohistološke promjene na koži svinja u toku akutnog radijacionog sindroma (ARS) nakon jednokratnog ozračivanja visokoenergetskim X zrakama sa linearном akceleratorom u dozama od 2,0 - 4,5 Gy. Opisani su eritem, hiperemija, dermatitis, petehijalna i slivena krvarenja, vezikule, pustule i inkrustacije kože u toku postradijacionog perioda od 30 dana. Ni kod jedne životinje nije zapažena epilacija. Intenzitet opisanih promjena je proporcionalan visini doze zračenja.

U V O D

Izučavanje akutnog radijacionog sindroma (ARS) svinja ima veliki značaj zbog relativne sličnosti određenog broja morfoloških lezija sa onima kod čovjeka u istim uslovima zračenja. Ovo se naročito odnosi na patološke promjene na koži. U literaturi (1,2,4) postoje opisi radijacionih lezija kože kod svinja koje se i klinički mogu dobro zapažati s obzirom na boju kože kod pasmina "bijelih" svinja. Kod aktunih ozračivanja svinja dominantna je pojava eritema, uz brojna kutana i subkutana krvarenja. Opisane su i promjene koje rezultiraju razvijkom pustula i erozija. Kod visokih doza je izražena i epilacija. Međutim, zbog vrlo različite metodike ozračivanja energije i vrste zračenja te starosti i težine ozračivanih životinja, postoje u opisu ovih promjena velike varijacije (3,5,6,7).

Naša ispitivanja su izvršena sa svrhom praćenja djelovanja radijacije na kožu svinja kod subletalnih, poluletalnih i letalnih doza X zračenja.

Materijal i metode rada

Eksperimentom je obuhvaćeno 36 svinja pasmine "landras" oba pola, starosti 4 - 6 mjeseci i težine 35 - 45 kg. Životinje su podijeljene u 6 grupa i ozračene X zračenjem sa linearnom akceleratorom dozama od 2,0 - 4,5 Gy. Period posmatranja bio je 30. dana. Uginule i žrtvovane životinje su obduciране a isječci kože patohistološki obradjeni i opisani.

Rezultati i diskusija

Vidljive promjene na koži i patohistološke lezije kod životinja ozračenih sa 2,0 i 2,5 Gy sastoje se od izrazite hiperemije sa eritemom te mjestimičnih petehijalnih krvarenja. Patohistološki se vide samo mjestimično oskudni mrljasti celularni infiltrati u dermi.

Kod životinja ozračenih sa 3,0 i 3,5 Gy, osim eritema sa jakom hiperemijom, zapažaju se brojna kutana i subkutana krvarenja. Radioderotitis se mjestimično (kod više životinja) komplikuje stvaranjem vezikula i pustula što u kasnijem stadiju rezultira inkrustacijom. Epilacije nema. Patohistološki, u područjima koja nisu zahvaćena vezikulama, vide se znaci jake upalne infiltracije sa limfocitima, plazma ćelijama i histiocitima oko sitnih krvnih sudova. Česta su područja sitnih krvarenja u gornjim partijama derme.

Na koži svih životinja ozračenih sa 4,0 i 4,5 Gy javlja se izrazita hiperemija i eritem a naročito sa unutrašnje strane butina i po trbuhi. Koža je posuta tačkastim i slivenim krvarenjima.

Krvarenja su brojna i u potkožnom tkivu. Dosta su česte promjene koje počinju sa vezikulama sa bistrom tekućinom a zatim stvaranjem pustola i erozija koje se kasnije mogu spojiti i u veću traumu. U daljem razvoju lezije se pretvaraju u kravu obojene tamne kraste koje cijeloj promjeni daju "čadjav" izgled. U stadiju sanacije koža je na tim mjestima tanka, lomljiva i često pokrivena tankim ljuspicama. Ni kod ovih grupa ozračenih životinja nema epilacije.

Patohistološki, osim ranije opisanih promjena, vrlo su izraženi znaci akutnog dermatitisa sa čestim primjesama hemoragične komponente.

Samo kod nekoliko životinja koje su žrtvovane poslije 30 dana primjećene su neznatne patohistološke promjene.

Intenzitet opisanih promjena proporcionalan je visini apsorbirane doze zračenja, i uglavnom se slaže sa literaturnim podacima kod kojih je primjenjena slična metodika. U literaturi opisana epilacija (3) odnosi se na ozračivanje vrlo visokim dozama od 17 - 27 Gy apliciranih parcijalno na pojedine segmente kože (10×10 cm). Navedene doze zračenja bi bile apsolutno supraletalne kod ozračivanja cijelog tijela. Opisana epilacija ovisila je o broju fakcioniranih doza i vremenu u kojem je ukupna doza raspodijeljena. Iz ovih podataka i iz naših istraživanja može se postaviti zaključak da se utoku akutnog radijacionog sindroma svinja ne javlja epilacija kod ozračivanja svim dozama koje su subletalne, poluletalne i letalne kod LD 100/30.

Eritem i hiperemija kože karakteristični su kod svih primjenjenih doza u eksperimentu a vezikule, pustule i erozije sa inkrustacijom zapažene su kod doza iznad 3,0 Gy.

Oporavak radijacijom oštećene kože kod svinja je relativno brz na mjestima koja nisu zahvaćena pustulama i erozijama.

ABSTRACT

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES IN THE SKIN OF THE SWINE ACUTELY RADIATED BY THE HIGH ENERGY X RADIATION

The clinical and pathomorphological changes in the skin of swine in the course of the ARS have been examined after the radiation by the linear accelerators generated X-rays in the doses of 2.0-4.5 Gy. There are given the descriptions of erythema, hyperaemia, dermatitis, haemorrhages, as well as of vesiculae and pustulae in the course of the post-radiation period. It is to be noted that no incidence of epilation has been observed. The intensity changes has been proportional to the radiation dose.

LITERATURA:

1. ARCHAMBEAU J.O. et al.: Response of swine skin to acute single exposure of X-rays quantification of the epidermal cell changes. Radiation Research, 1979, 79, 298-337
2. ARCHAMBEAU J.O. et al.: The response of the skin of swine to increasing single exposure of X-rays. Radiation Research, 1978, 299-326.
3. FOVLER et al.: Experiments with fractionated X-irradiation of the skin of pigs. Brit. Jour. Radiol. 1965;38,278-284.
4. MARCIAN H.Q., CALHOUN M.L.: Microscopic anatomy of the integument of adult swine. Am. J. Vet. Res. 1966, 27, 765-772.
5. SHYMKO R.M. et al.: Lack of correlation between basal cell survival and gross response in irradiated swine skin. Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 1984, 10, 1079-85.
6. SHIVELI J.N. et al.: X-ray exposure of swine previously exposed to a nuclear detonation. Am. J. Vet. Res. 1964, 25, 1128-33.
7. TULLIX J.L.: The sequence of pathologic changes in swine exposed to the LD 100/30 of total body super-voltage X-irradiation. Mil. Surgeon, 1951, 109, 271-80

XIV JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8.-11.06.1987. GODINE

Milovanović A., Tanasijević D., Cvetković Mirjana, Čosić Milinka,
Čizmić Srebrenka*

Vojnotehnički institut, Beograd
* Institut za NIR SBS - Sarajevo

ZAŠTITNO DEJSTVO WR-2823 U OZRAČENIH MIŠEVA

REZIME

Sintetisan je preparat WR-2823. Ispitana je akutna toksičnost pri i.p. aplikaciji i odredjena LD-50. Zaštitna sposobnost radioprotektora ispitana je u miševa ozračenih gama zracima ^{60}Co ili na izvoru ^{252}Cf . Ustanovljeni su visoki zaštitni efekti u miševa ozračenih letalnim dozama gama zraka i neutrona.

UVOD

Medju derivatima cisteamina koji su se pokazali efikasnim u zaštiti životinja od štetnog dejstva ionizujućih zračenja pominje se i radioprotektor WR-2823. Po hemijskoj strukturi on se od gamafosa razlikuje po tome što u prvom delu molekule ima pet CH_2 grupa dok ih gamafos ima tri. Malobrojni literaturni podaci (Yuhas, 1973; Sweeney, 1979; Yuhas, 1980) pokazuju da je ovaj preparat oko dva puta toksičniji od WR-2721, ali da je efikasan u zaštiti životinja od zračenja, kako pri i.p. tako i per os aplikaciji. Stoga se pristupilo sintezi ovog protektora (Čosić i sar., 1986) i ispitivanju njegove toksičnosti i efikasnosti u zaštiti od zračenja.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su izvedena na belim miševima, mužjacima, mase 22-25 g, poreklom sa farme laboratorijskih životinja Pasterovog zavoda u Novom Sadu.

Ozračenje životinja je izvršeno na izvoru gama zraka ^{60}Co u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči pri brzini doze od 93,7 cGy, i na izvoru ^{252}Cf mešovitim neutronskim i gama zracima u odnosu 66,6%:33,3% u VTI, pri brzini doze 0,521 cGy za neutrone odnosno 0,260 cGy za gama zrake. Ozračene životinje su posmatrane u toku trideset dana posle ozračenja.

Radioprotektor WR-2823 je sintetisan u Institutu za NIR SBC-Sarajevo posle prethodne sinteze odgovarajućeg alkohola i bromida po metodi Piper-a i Johnston-a (1975). Supstanca je dobijena sa iskorišćenjem 50-70%, a struktura $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{P}(\text{O})_2\text{OH}$. H_2O je potvrđena IP i NMR spektrima. Za intra-peritonealnu aplikaciju preparat je rastvaran u fiziološkom rastvoru. Pored miševa koji su primili WR-2823 na istim životinjama ispitana je i efikasnost WR-638 i WR-2721 u uslovima ozračenja letalnim dozama neutronskog i gama zračenja. Radioprotektori su pripremani za injiciranje neposredno pre upotrebe rastvaranjem u fiziološkom rastvoru. Injicirani sa 15 minuta pre ozračenja. Životinje su posmatrane u toku trideset dana posle izlaganja zračenju.

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanje akutne toksičnosti WR-2823 u miševa izvedeno je po metodi Miller-a i Tainter-a (1944). Grupama od po deset miševa injiciran je protektor u dozama 500, 550, 600, 650, 700 i 750 mg/kg. Na kraju dvadesetčetvoročasovnog posmatranja registrovan je broj uginulih životinja u pojedinim grupama. Na osnovu podataka o smrtnosti odredjena LD-16 iznosi 588 mg/kg; LD-50 je 653 mg/kg, LD-84 719 mg/kg. Prema tome u našim eksperimentalnim uslovima nosovintetisani radioprotektor je toksičniji od WR-638 čija LD-50 za iste životinje i pri istom putu unošenja iznosi 1163 mg/kg, a takođe je značajno toksičniji i od WR-2721 koji za isti soj životinja u našim eksperimentalnim uslovima ima LD-50 od 999 mg/kg. Pri ispitivanju zaštitne sposobnosti WR-2823 upotrebljena je doza preparata od 300 mg/kg što je približno 1/2 LD-50.

Pri ispitivanju zaštitne sposobnosti WR-2823 na izvoru gama zraka ^{60}Co i n/gama izvoru ^{252}Cf odredjena je smrtnost miševa ozračenih rastućim dozama gama zraka i mešovitog n/gama zračenja. LD-50 za miševe ozračene na izvoru ^{60}Co iznosi 705 ± 16 cGy, a na izvoru ^{252}Cf 609 ± 14 cGy. Pri ispitivanju efikasnosti radioprotektora životinje su ozračene sa 800 cGy gama zraka (LD-96/30) odnosno sa 650 cGy mešovitog n/gama zračenja (LD-84/30).

U grupi miševa koji su pre ozračenja gama zracima na izvoru ^{60}Co primili fiziološki rastvor (Tabela 1) uginulo je do kraja posmatranja osamnaest životinja (90%). Srednje vreme preživljavanja iznosi 10 dana. Primena WR-638 povoljno utiče na preživljavanje miševa ozračenih ovom dozom jer je do kraja posmatranja uginulo samo 13% životinja. Davanjem WR-2721 postiže se značajno veći procenat preživljavanja

T A B E L A 1

 ČASNIČNO DEJSTVO RADIOPROTEKTORA* U MIŠEVA OZRAČENIH
 GAMA ZRACIMA I NEUTRONIMA

Preparatni činak	Broj živ.	Uginuli/preživelici	% preživ. do 30 d.	Srednje vreme preživljavanja (dana)
WR-2823+800 cGy ^{60}Co	20	18/2	10	10 \pm 2
WR-2823+650 cGy ^{60}Co	30	4/26	87	24 \pm 2
WR-2823+500 cGy ^{60}Co	20	5/15	75	14 \pm 3
WR-2823+800 cGy ^{60}Co	20	0/20	100	-
WR-2823+500 cGy ^{252}Cr	12	11/1	8.5	11
WR-2823+650 cGy ^{252}Cr	12	4/8	66	13 \pm 2
WR-2823+650 cGy ^{252}Cr	12	7/5	42.5	11 \pm 2
WR-2823+500 cGy ^{252}Cr	12	2/10	83	9

* Činaci za aplikaciju pripremani su neposredno pre ubrizgavanja. Svi radioaktiviteti su rastvoren u fiziološkom rastvoru i ubrizgani intraperitonealno pre ozračenja sa 800 cGy gama zraka ili 650 cGy mešovitog neutrona i gama zračenja.

(75%) u odnosu na kontrolnu grupu. Sve životinje koje su pre ozračenja primile WR-2823 su preživele tridesetodnevni period posmatranja. Postignuta je absolutna zaštita, odnosno najveći mogući zaštitni efekat. Ovim su potvrđeni rezultati Tuhas-a (1980) o visokoj efikasnosti WR-2823 u zaštiti miševa ozračenih letalnim dozama rentgenskih zraka (DRF 2).

Pri ozračenju neutronima primenom istih radioprotektora postignuti su nešto manji zaštitni efekti. Najmanju efikasnost pokazao je WR-2721 (42% preživljavanja). Pri aplikaciji WR-638 preživljava 66% životinja. U grupi miševa tretiranih sa WR-2823 preživelo je 83% životinja. Ove rezultate treba posmatrati oprezno, ali oni istovremeno potvrđuju nalaze drugih istraživača da je efikasnost radioprotektora pri ozračenju neutronima značajno niža nego pri ozračenju rentgenskim ili gama zracima. Nesumnjivo je da ova istraživanja treba nastaviti.

SUMMARY

PROTECTIVE EFFECT OF WR-2823 IN IRRADIATED MICE

A chemical compound named WR-2823 has been synthesised. The acute toxicity after IP application has been investigated and LD₅₀ estimated. The protective ability of the radioprotector has been investigated in mice with gamma rays of ⁶⁰Co, or at the origin of ²⁵²Cf. High protective potency in mice, treated with lethal doses of gamma rays and neutrons have been estimated.

LITERATURA

- Yuhas,J. i sar. (1973). Radiation Research, 54, 222-233.
- Sweeney,R.T. (1979). A survey of compound from the antiradiation drug development program of the U.S. Army medical research and development command. Walter Reed Army Institute of research, Washington.
- Yuhas,J. (1980). On the application of radioprotective drugs in solid tumor radiotherapy. In: Radiation drug interaction in the treatment of cancer. Ed. G.Sokol and R.Maickel. John Wiley, New York.
- Cosić,M. i sar. (1986). Hemijska sredstva za zaštitu od zračenja. 06-24-277.
- Piper,R.J., T.R.Johnston (1975). USP:3.892,824, July 1.
- Možuhin,A.S., F.Ju.Račinskij (1979). Himičeskaya profilaktika radiacionih poraženij, Atomizdat, Moskva.
- Suvorov,N.N., V.S.Šaškov. (1975). Himija i farmakologija sredstv profilaktiki radiacionyh poraženij. Atomizdat, Mcskva.
- Gončarenko, E.N., Ju.B.Kudrijašov (1985). Himičeskaya zaščita ot lučevogo poraženija. Izdateljstvo moskovskogo universiteta.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8.-11.06.1987. GODINE:

Milovanović A., Cvetković Mirjana, Tanasijević D.

Vojnotehnički institut, Beograd

ZAŠTITNO DEJSTVO GAMAFOSA (WR-2721) U SVINJA OZRAČENIH

LETALNIM DOZAMA GAMA ZRAKA

REZIME

Ispitivana je zaštitna sposobnost WR-2721 (150 mg/kg) injiciranog i.m. dvadeset minuta pre ozračenja životinja dozama 300, 350, 400, 450 i 500 cGy gama zraka. Posmatrana je klinička slika ARB, promene u perifernoj krvi i patomorfološke promene u uginulih i žrtvovanih životinja u toku 60 dana posle ozračenja.

UVOD

Istraživanja su pokazala da se medju derivatima aminoetiltiofosforne kiseline najveće povećanje radioprotективне efikasnosti postiže pri uvođenju u polaznu strukturu aminoalkilnog lanca koji na kraju ima slobodnu amino grupu. Tako su dobijena dva visokoefikasna radioprotectora: $H_2N(CH_2)_3-NH(CH_2)_2-S-PO_3^{2-}Na \cdot H_2O$ (gamafos, WR-2721) sa protektivnim indeksom 6,5 i njegov analog $CH_3(NH)-(CH_2)_3-NH(CH_2)_2-S-PO_3^{2-}Na \cdot H_2O$ čiji je protektivni indeks 11,7. Po svojim zaštitnim osobinama oba preparata prevazilaze polazno jedinjenje-cistafos (WR-638). Gamafos je efikasan ne samo pri ozračenju rentgenskim ili gama zračenjem već i u slučaju ozračenja neutronima (Sverdlov, 1974). Iako su od prve sinteze gamafos prošle skoro dve decenije (Akerfeld, 1969), tek pre nekoliko godina zaštitna sposobnost WR-2721 i njegovo dejstvo na funkcionalno stanje organizma su predmet intenzivnih istraživanja (Wagner i sar., 1980, Gončarenko i Kudrjašov, 1985) na životnjama. Imaju podataka da se primenjuje u kliničkoj praksi kod bolesnika sa malignim oboljenjima koji se podvrgavaju radijacionoj terapiji (Yuhas, 1980; Tanaka, 1980).

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su izvedena na svinjama, mužjacima kastratima soja "Landrace", starosti oko 3,5 meseca, telesne mase oko 20 kg. Preparat WR-2721 je sintetisan u Institutu za NIR SBS-Sarajevo. Toksičnost, pri i.m. aplikaciji, odredjena je po metodi Weil-a (1952). Kontrolne grupe životinja su 20 minuta pre ozračenja primi-

le fiziološki rastvor, a eksperimentalne pre ozračenja sa 350, 400, 450 odnosno 500 cGy gama zraka ^{60}Co 150 mg/kg WR-2721 rastvoren u fiziološkom rastvoru. Životinje su posmatrane 60 dana posle ozračenja. Praćena je klinička slika ARB, smrtnost i srednje vreme preživljavanja, promene brojnih vrednosti eritrocita, retikulocita, trombocita, leukocita i limfocita u perifernoj krvi, i histomorfološke promene u isečcima odredjenih tkiva uginulih i žrtvovanih životinja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Prethodnim istraživanjima je ustanovljeno da LD-50/60 za svinje na izvoru gama zraka iznosi 284 ± 11 cGy. Ispitivanjem akutne toksičnosti WR-2721 u svinja po metodi Weil-a (1952), pri i.m. aplikaciji, izračunata LD-50 je 337,5 mg/kg. U ispitivanju zaštitne sposobnosti upotrebljena je doza od 150 mg/kg. U kliničkoj slici ARB kontrolnih životinja ozračenih sa 350 cGy (fiziološki rastvor) u toku prve nedelje posle ozračenja nisu zapaženi vidljivi znaci radijacionog oštećenja. Početkom druge nedelje došlo je do pojave sitnih tačkastih krvnih izliva u koži. Životinje su uzimale manje količine hrane, kod nekih se pojavila dijareja, a promenena koži su postale izraženije. Sve životinje su uginule izmedju 13. i 16. dana posle ozračenja. Na autopsiji su ustanovljena mnogobrojna krvavljenja u koži, podkožnom tkivu, parenhimatnim organima. Limfne žlezde su bile hipertrofične. Hemoragični sindrom je vodeći u slici ARB. Kod životinja koje su pre ozračenja sa 350 cGy primile WR-2721 nije bilo vidljivih krvavljenja u koži. Kod uginulih su u pojedinim tkivima nadjena sitna tačkasta krvavljenja.

U određenim vremenskim intervalima posle ozračenja posmatrane su promene u periferijskoj krvi. Četvrtog, sedmog i četrnaestog dana posle ozracenja u životinja koje su primile WR-2721 broj eritrocita i retikulocita je bio značajno veći nego u kontrolnih. Ukupni leukociti su u obe grupe životinja, prvog dana posle ozračenja, na istom(nižem) nivou. U šticienih životinja četvrtog i sedmog dana njihov broj je značajno veći. Nema razlike u apsolutnom broju limfocita, ali je broj granulocita u šticienih životinja četvrtog, sedmog i četrnaestog dana, značajno veći nego u kontrolnih.

Ranije je ustanovljeno da LD-50/60 gama zraka za svinje iznosi 284 ± 11 cGy. Na osnovu toga u ispitivanju zaštitne sposobnosti WR-2721 najpre je primenjena doza od 350 cGy, koja je u granicama apsolutno letalne, pa je povećavana u rasponu od 50 cGy.

Letalitet kontrolnih i gamafosom tretiranih svinja prikazan je na tabeli 1.

T A B E L A I

UTICAJ WR-2721 NA PREŽIVLJAVANJE SVINJA
OZRAČENIH LETALNIM DOZAMA GAMA ZRAKA

Ekspr. tretmanu	Br. živ. u gr.	Uzimale/zive	% prež. do 60 d.	Srednje vreme preživljavanja (dani)
Fiz.r.+350 cGy	8	8/0	0	15
WR-2721 ^x +350 cGy	8	2/6	25	13
Fiz.r.+400 cGy	5	5/0	0	10
WR-2721+400 cGy	8	4/4	50	16
Fiz.r.+450 cGy	5	5/0	0	12
WR-2721+450 cGy	11	8/3	27	15
WR-2721+500 cGy	6	4/2	33	21

* 150 mg/kg WR-2721 rastvoren u fiziološkom rastvoru i injicirano i.m. 20 minuta pre ozračenja.

Na osnovu ovih podataka proizilazi da je WR-2721, primenjen intramuskularno u dozi od 150 mg/kg, na dvadeset minuta pre ozračenja svinja veoma efikasan radioprotektor. LD-50/60 gama zraka za kontrolne životinje u našim eksperimentalnim uslovima je 284 ± 11 cGy. Prema letalitetu svinja tretiranih sa WR-2721 prikazanom na ovoj tabeli LD-50 se još ne može izračunati precizno, jer istraživanja još nisu završena, ali se može sa dosta sigurnosti pretpostaviti da će iznositi preko 400 cGy. Znači da je primena WR-2721 povećala značajno dozu gama zraka koja je letalna za 50% neštićenih životinja. Izgleda da ovaj preparat povećava radiorezistenciju svinja ili slabи procese radijacionog oštećenja, koji se u ozračenom organizmu odvijaju od trenutka apsorpcije zračenja. Na taj način je tok akutne radijacione bolesti blaži, odnosno visoke letalne doze gama zraka postaju niskoletalne. Ponedoznog redupcionog faktora za konačnu ocenu radioprotективne efikasnosti WR-2721 potrebno je odrediti terapijski indeks, terapijsku širinu i protektivni indeks. Ovo tim pre što ovaj radioprotektor već nalazi primenu u humanoj medicini (Tanaka, 1980; Philips, 1980; Kligerman i sar., 1980; Niibe i sar., 1985; Niibe i sar., 1985).

SUMMARY

PROTECTIVE EFFECT OF GAMMAPHOS (WR-2721) IN PIGS TREATED WITH LETHAL DOSES OF GAMMA RAYS

The protective ability of WR-2721, injected IM 150 mg per kg of body weight twenty minutes before the treatment of the animals with 300, 350, 400, 450 and 500 cGy of gamma rays, has been investigated. The clinical appearance of ARD, changes in the peripheral blood cell count and pathomorphological changes in dead as well as in sacrificed animals during the period of sixty days after the irradiation with gamma rays, have been investigated.

LITERATURA

- Sverdlov,A.G. (1974). Biologičeskoe deistvie neitronov i himičeskaja zaščita. "Nauka".
- Aerfeldt,S. (1959). Acta Chem. Scand. 13, №7
- Wagner,M. i sar. (1980). Strahlentherapie, 156, 486-491.
- Wagner,M. i sar. (1980). Strahlentherapie, 156, 655-662.
- Gončarenko, J.E., Kudrjašov,B.Ju. (1985). Himičeskaja zaščita ot lučevogo porače-niya. Izd. moskov. iniversiteta.
- Yuhas,M.J. (1980). On the Potential Application of Radioprotective Drugs in Solid Tumor Radiotherapy. In: Radiation-Drug Interactions in the Treatment of Cancer. Ed. G.G.Sokol, R.P.Maickel- John Wiley and Sons, New York.
- Weil,C. (1952). Biometrics, 8, 249-263.
- Tanaka,Y. (1980). J. Radiat. Res., 21, №1, 76-77.
- Phillips,L.T. (1980). Cancer Clin. Trials, 3, 165-173.
- Kligerman i sar. (1980). Cancer Clin. Trials, 3, 217-221.
- Niibe,H. i sar. (1985). Nippon Gan Chiryo Gakkai-Shi,v.20(5) 984-993.
- Niibe,H. i sar. (1985). Nippon Gan Chiryo Gakkai-Shi,v.20(5) 994-1001.

UTJECAJ ŽELJEZOM OBOGAĆENOG MLJEKA NA METABOLIZAM

⁸⁵Sr U MLADIH ŠTAKORA

Gruden N. i Mataušić S.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UVOD

O inhibitornom djelovanju željeza na apsorpciju metala iz probavnog trakta ima dosta podataka (1-4). Naši su raniji rezultati, međutim, pokazali da trodnevna ishrana željezom obogaćenim mlijekom povećava transport i crijevnu retenciju radiostroncija u odraslih štakora (5). Radi specifičnosti metabolizma mlađeg organizma (6, 7) i činjenice da se dodatak željeza hrani može koristiti u borbi protiv dojenačke anemije smatrali smo korisnim ispitati utjecaj željeza na metabolizam stroncija u izrazito mladih životinja.

MATERIJAL I METODE

Pet dana i tri tjedna stari bijeli štakori su podijeljeni u tri grupe od po 12 životinja prema dijeti koju su "kap-po-kap" metodom (8) primali jedan ili četiri dana: (1) čisto kravljie mlijeko (KM), (2) KM + 10 mg Fe (u obliku željeznog sulfata)/100 ml i (3) KM + 15% laktoze + 10 mg Fe/100 ml mlijeka. Radioaktivni stroncij (Sr-85 ; 37 kBq/ž.) sve su životinje primile u 0,4 ml određenog mlijeka. Poslije aplikacije Sr-85 neonatalne su životinje provelle tri dana sa svojim majkama, dok su trotjedne dobivale boćicom kravljie mlijeko. Četvrtoog dana sve su životinje ubijene, a aktivnost stroncija-85 je odredjena u cijelom tijelu, karkasu, femuru i mozgu.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na TAB br. 1 prikazani su rezultati retiniranog radiostroncija izraženi kao procent od primljene doze u odnosu na težinu cijelog tijela, odnosno težine femura i mozga. Protivno onom što

TAB br. 1

Utjecaj željeza (\pm lakoza) na metabolizam radiostroncija u mlađih štakora*

Dob živ. (d)	Dijeta	Cijelo tijelo	Femur	Mozak
5 ^o	KM	52,9 \pm 3,1	3,05 \pm 0,30 ^a	0,05 \pm 0,01
	KM+Fe	48,9 \pm 1,6	3,96 \pm 0,32 ^b	0,07 \pm 0,01
	KM+Fe+L	50,5 \pm 2,7	3,86 \pm 0,28 ^b	0,07 \pm 0,01
21 ^o	KM	18,9 \pm 0,8	2,09 \pm 0,10	0,009 \pm 0,001
	KM+Fe	17,9 \pm 0,8	2,03 \pm 0,12	0,010 \pm 0,001
	KM+Fe+L	18,6 \pm 0,9	1,90 \pm 0,11	0,011 \pm 0,001
21 ^o	KM	13,9 \pm 0,5 ^a	1,69 \pm 0,04 ^a	0,009 \pm 0,002 ^a
	KM+Fe	13,3 \pm 0,5 ^a	1,72 \pm 0,06 ^a	0,009 \pm 0,001 ^a
	KM+Fe+L	15,0 \pm 0,3 ^b	1,91 \pm 0,04 ^b	0,015 \pm 0,003 ^b

* Srednje vrijednosti procenata od primljene doze izražene na 10 g cijelog tijela, 1 g mozga i 0,1 g femura.

^o Životinje tretirane 1 dan i ^o 4 dana.

KM=kravljie mlijeko; Fe=10,0 mg Fe/100 ml mlijeka; L=15% lakoze.

^{a,b} Vrijednosti označene različitim slovima u jednom stupcu i za određenu grupu životinja značajno se međusobno razlikuju ($P<0,05$).

bi očekivali prema postojećim literaturnim podacima (1-4) željezo ni u jednom slučaju nije bitno snizilo apsorpciju odnosno retenciju stroncija. Naprotiv, značajno je više (cca 30 %) radiostroncija zadržano u femuru neonatalnih štakora koji su izotop primili u željezom obogaćenom mlijeku nego u kontrolnih životinja iste dobi. U tretjednih štakora željezo nije imalo učinka bez obzira na trajanje tretmana.

Lakoza se već godinama povezuje sa metabolizmom metala (9-12) i većina se autora slaže da ona stimulira apsorpciju iona. U naših neonatalnih životinja dodatak lakoze nije mijenjao već

postojeći efekt željezom obogaćenog mlijeka. Međutim, u četiri dana tretiranih, trotjednih životinja, lakoza je - u kombinaciji sa željezom - značajno povisila retenciju radiostroncija u cijelom tijelu, femuru i mozgu (za cca 7, 13 i 66%). Drugačiji učinak lakoze u neonatalnih i trotjednih životinja može se, u skladu sa zapažanjima Armbrechta i Wassermann-a (9), pripisati različitom trajanju njezine primjene, a ne razlici u starosti tih životinja (12).

Ovi rezultati ukazuju na značaj koji u metabolizmu stroncija mogu imati standardni prehrambeni sastojci. Pogotovo u mladom organizmu koji je radi nekih metaboličkih osobitosti izrazito ugrožen internom kontaminacijom radionuklida.

Ovaj je istraživački program financiranala Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske. Zahvaljujemo Pribić K. na tehničkoj pomoći, a Ferčec B. i Vasiljević D. na brizi oko životinja.

LITERATURA

- 1) BARTON JC, CONRAD ME, HOLLAND R. Iron, lead and cobalt absorption: Similarities and dissimilarities. Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 1981; 166:64-69.
- 2) HUMPHRIES WR, PHILLIPPO M, YOUNG BW, BREMNER I. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. Br.J.Nutr. 1983; 49:77-86.
- 3) GRUDEN N. The effect of milk diet on manganese transport through the rat's duodenal wall. Nutr.Rep.Intern. 1976; 14:515-520.
- 4) LEON L, JOHNSON DR. Role of iron in jejunal uptake of cadmium in the newborn rat. J.Toxicol.Environ.Health 1985; 15:687-96.
- 5) GRUDEN N. The effect of lactose and iron on strontium absorption. Experientia 1984; 40:941-2.

- v) CRAWFORD-BROWN DJ. An age-dependent model for the kinetics of uptake and removal of radionuclides from the g.i. tract.
Health Physics 1982; 44:609-22.
- 7) LEGGETT RW, ECKERMAN KF, WILLIAMS LR. Strontium-90 in bone.
Health Physics 1982; 43:307-22.
- 8) MOMČILOVIĆ B, RABAR I. Artificial feeding of infant rats.
Period.biol. 1979; 81:27-31.
- 9) ARMBRECHT HJ, WASSERMAN RH. Enhancement of Ca uptake by lactose in the rat small intestine. J.Nutr. 1976; 106:1265-71.
- 10) ANONYMOUS Effect of lactose on intestinal absorption of lead.
Nitr.Rev. 1982; 40:116-7.
- 11) COCHET B, JUNG A, GRIESSEN M, BARTHOLDI P, SCHALLER P, DONATH A. Effects of lactose on intestinal calcium absorption in normal and lactose-deficient subjects. Gastroenterology 1983; 84:935-40.
- 12) BUSHNELL PJ, DeLUCA HF. The effect of lactose on the absorption and retention of dietary lead. J.Nutr. 1983; 113:365-78.

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja,

Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

Gruden N, Mataušić S.

The effect of iron on ^{85}Sr metabolism in young rats

The effect of iron-fortified milk (with or without lactose) on radiostrontium metabolism was studied in five-day- and three-week-old rats. The addition of iron alone to the milk significantly increased strontium-85 retention in the femur of neonatals, whereas in combination with lactose iron increased strontium-85 activity in the whole body, femur and brain of four days treated three-week-old animals.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8.-11.06.1987. GODINE

Tanasićević D., Milovanović A., Mirjana Cvetković

Vojnotehnički institut - Beograd

UČINAK GAMMA ZRAČENJA NA SADRŽAJ MONOAMINA U MOZGU PACOVA

REZIME: Pacovi, bez zaštite, preživljavaju letalnu dozu (900 cGy) gama zračenja do sedmog dana, ali ne i posle toga. U tom periodu registrovano je značajno smanjenje sadržaja dopamina i noradrenalina, kao i značajno povećanje sadržaja serotonina. U uslovima prethodne zaštite pacova cistafosom i gamafosom životinje preživljavaju letalnu dozu 14. dana i duže. Pored toga, primjenjeni radioprotectori antagonišu efekte zračenja na izmenjeni sadržaj monoammina u ispitivanom vremenskom intervalu.

UVOD

Zračenje, kao specifična fizička noksa, izaziva u organizmu niz biohemičkih promena koje se dovode u vezu sa težinom radijacionog oštećenja. Pravilna procena stepena oštećenja veoma je važna jer od nje zavisi terapija i prognoza ozračenja. Poznato je da niz materija, koje se nalaze u intaktnim organizmima, kao što su kateholamini i serotonin, aminokiseline (cistin, glutation, 5-oksitriptofan) i taurin, pri aplikaciji životinja u određenim koncentracijama mogu da ispolje radioprotektivno delovanje. U ozračenih životinja te endogene materije trpe izvesne promene (1). Postoji mišljenje da određivanje ovih materija može da se koristi u dijagnostici radijacionog oštećenja. Cilj ovog rada bio je da se ispita uticaj gama zračenja na sadržaj monoamira (dopamina, noradrenalina i serotoninu) u mozgu ozračenih i štićenih pacova.

MATERIJAL I METODE

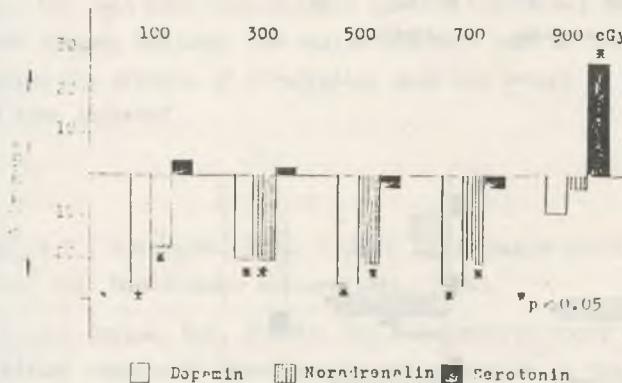
Ogledi su izvedeni na pacovima, mužjacima, soja Wistar, mase 220 - 250 g. Životinje su ozračene na izvoru gama zraka ^{60}Co u Laboratoriji fiziku čvrstog stanja i radijacionu hemiju Instituta "Boris Kidrić" u Vinči. Brzina doze zračenja iznosi je 92.3 cGy/min.

Kao radioprotectori upotrebљeni su cistafoš (WR-638) i gammafos (WR-2721). WR-638 (2 mmol/kg) i WR-2721 (1.5 mmol/kg, i.p.) su rastvarani pre upotrebe u fiziološkom rastvoru i injicirani pacovima 15 minuta pre ozračenja letalnom dozom (900 cGy) ~~za~~ zraka. Kontrolne životinje su dobijale odgovarajuću zapreminu fiziološkog rastvora.

Sadržaj monoamina (dopamina, noradrenalin i serotonin) u mozgu pacova određen je spektrofotofluorimetrijski (2).

REZULTATI I DISKUSIJA

U prvoj seriji ogleda ispitani je uticaj rastojanja između gamma ozračenja (100 – 900 cGy) na sadržaj monoamina u mozgu pacova petog dana posle ozračenja. Dobijeni nalazi, prikazani kao promene u odnosu na kontrolne vrednosti na slici 1., ukazuju na značajno smanjenje sadržaja dopamina i noradrenalina, dok je sadržaj serotoninina znatno povećan samo posle primljene doze od 900 cGy. Sadržaj monoamina u kontrolnih životinja bio je sledeći: dopamin 565 ± 9 , noradrenalin 286 ± 5 i serotonin 296 ± 1 ng/g tkiva.



Sl. 1. Sadržaj monoammina u mozgu pacova petog dana posle ozračenja ~~restućim~~ dozama grma ozračenja ^{60}Co .

U drugoj seriji ogleda ispitani su efekti optimalnih zaštitnih doza WR-638 i WR-2721, jer se, na sadržaj monoamina u mozgu pacova u toku 24 sata nakon njihove primene. Nadjeno je (slika 2) značajno smanjenje sadržaja monoamina u mozgu pacova u prvim vremenskim intervalima posle primene radioprotекторa, ali se u toku 24 sata sadržaj monoamina u mozgu pacova normalizuje.

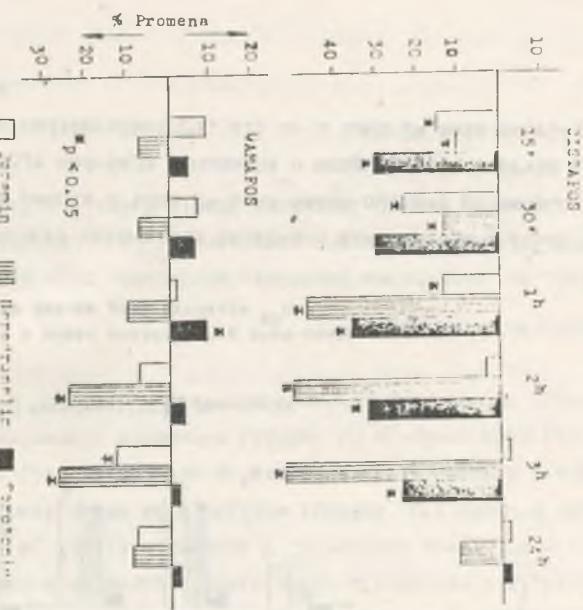


Fig. 1. Effect of Promethazine on the release of various neurotransmitters in rat brain slices. The values are expressed as % increase from the control.



Fig. 2. Effect of Promethazine on the release of serotonin, noradrenalin and dopamine in rat brain slices. The values are expressed as % increase from the control.

U trećoj seriji ogleda ispitan je uticaj gama zračenja na sadržaj monoamina u mogu pacova ozračenih letalnom dozom gamma zračenja i prethodno štićenih cistosom i gamaform. Dobijeni rezultati su pokazali (slika 3) da pacovi bez prime ne protektora preživljavaju do sedmog dana. U tom periodu registrovano je značajno smanjenje sadržaja dopamina i noradrenalina i značajno povećanje sadržaja se rotonina. Međutim, u uslovima prethodne primene radioprotektora oni preživljavaju letalnu dozu (900 cGy) zračenja. Primjenjeni radioprotectori pokazali su ne samo povoljan efekat na preživljavanje, već i povoljan efekat na izmenjeni sadržaj monoamina tako što se isti 14. dana posle zračenja normalizuje.

THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION ON MONOAMINE AMOUNT IN THE RATS BRAIN

SUMMARY :

Rats, without protection, are able to survive the lethal dose of gamma irradiation (900 cGy), but no longer than seven days. During that period a significant decrease of dopamine and norepinephrine and a significant increase of serotonin amount have been noted. After a protection, previously performed with cystaphos and gammaphos, the rats have been able to survive the lethal dose for fourteen days, and even longer. Besides, the radioprotectors used in the present study, have antagonized the effects of irradiation upon the amount of monoamine during the observed time interval.

LITERATURA

1. Gončarenko, N.E., Kudrjašov, B.Ju. (1985). Himičeskaja zaščita ot lučevogo po raženja. Izd. Moskovskogo universiteta, 58-63.
2. Laverty, R. and Taylor, M.K. (1968). The fluorometric assay of catecholamines and related compounds: Improvements and extension to the hydroxyindole technique. Anal. Biochem., 22, 269-279.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NOVI SAD, 8.-11.06.1987. GODINE

Mirjana Cvetković, A. Milovanović i D. Tanasijević

Vojnotehnički institut - Beograd

UTICAJ ZRAČENJA NA DEJSTVO NARKOANALGETIKA U MIŠU

REZIME

Ispitan je efekat alfentanila, fentanila i butorfanola, tri morfinu slična analgetika, u miševa ozračenih subletalnom (3Gy) i letalnom (7Gy) dozom gama zraka. Promene u dejstvu alfentanila i fentanila potpuno su istovetne. Njihov efekt znatno je smanjen 2-og i 6-og dana posle zračenja i značajno povećan u manifestnom periodu ARB. Promene u analgetskom dejstvu butorfanola imaju u izvesnom stepenu različit tok. Smanjenje efekta traje znatno duže, a u potpunosti izostaje karakteristično povećanje analgetskog dejstva. Kod obe doze zračenja, sa sva tri leka dobijene su kvalitativno iste promene, s tim što kod letalne doze zračenja one nastaju brže i kraće traju.

UVOD

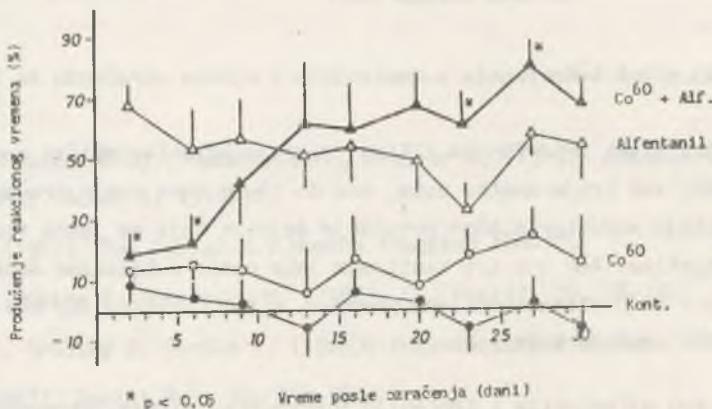
U literaturi postoji relativno velik broj podataka o dejstvu različitih lekova u ozračenom organizmu. Međutim, o recipročnom stanju kako zračenje utiče na dejstvo lekova, postoji znatno manje podataka, posebno kad su u pitanju terapijske doze. U nekim ranijim radovima pokazano je da, zračenje menja efekte nekih lekova koji deluju na CNS. Zračenje produžava hipnotičko dejstvo barbiturata (Winne, 1962., Varagić i sar., 1962, Nair, 1967), potencira antikonvulzivno dejstvo acetazolamida (Nair i sar., 1964), smanjuje a zatim pojačava dejstvo opštih anestetika (Gorban, 1957., Winne, 1962), menja analgetsko dejstvo morfina i pentidina (Kventina i sar. 1966., Banić i sar., 1970). Dobijeni rezultati često su kontroverzni, a za neke novije lekove i nema literaturnih podataka o dejstvu na ozračen organizam. Iz tih nalaza proističe i cilj naših istraživanja. Naime, u literaturi nisu nadjeni podaci o tome kako ozračen organizam deluje na neke noviye analgetike koji se inače široko primenjuju u medicinskoj praksi kao zemene za morfin. To su alfentanil, fentalin i butorfanol, narkoanalgetici koji imaju značajnu prednost u odnosu na morfin, znatno jače i brže dejstvo i znatno nižu učestanost morfinu sličnih neželjenih efekata.

MATERIJAL I METODE

U ogledima su korišćeni beli miševi, muškog pola, telesne mase od 25 do 30 grama, ozračeni na izvoru gama zraka sa ^{60}Co , kontinuiranom dozom od 3 i 7 Gy. Za svaki analgetik i dozu zračenja formirane su 4 grupe eksperimentalnih životinja od po 20 miševa, od kojih je jedna polovina zračena, a druga je služila kao kontrola. Testirani analgetici (alfentanil, fentanil i butorfanol) injicirani su i.p. u dozi od ED-50 (doza koja produžava srednje reakciono vreme za 50%), počevši od 2-og dana posle zračenja u intervalima od 3 do 6 dana. Eksperimenti su radojeni "hot plate" metodom na temperaturi od $54 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

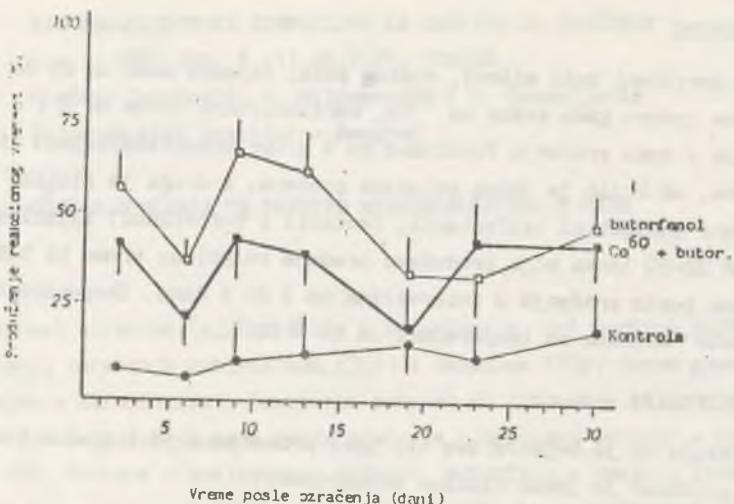
REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati pokazuju da je dejstvo sva tri leka promenjeno ionizujućim zračenjem, i na Slici 1 prikazan je jedan tipičan eksperiment.



Slika 1. Analgetski efekt alfentanila u kontrolnih i miševa ozračenih sa 7 Gy

U neozračenih miševa, pošto je upotrebljena doza od ED-50 alfentanila ($74,3 \mu\text{g}/\text{kg}$), analgetski efekt u svim vremenskim terminima kreće se u granicama 50-tog produženja srednjeg reakcionog vremena. Po toku krive se vidi, da iako je u pitanju ponavljanje doze leka ne dolazi do razvoja tolerancije, što je inače karakteristično za morfin pod sličnim eksperimentalnim uslovima (Banić i sar., 1970). Dejstvo alfentanila značajno je promenjeno, i to različito u pojedinih periodima posle ozračenja. Drugog i 6-og dana posle zračenja efekt analgetika značajno je smanjen (40%). U daljem toku, od 12-og dana pa sve do kraja posmatranog perioda od 30 dana, analgetsko dejstvo značajno je povećano.



Slika 2. Analgetski efekt butorfanola u kontrolnih i miševa ozračenih sa 7 Gy

Oslabljen analgetski efekt butorfanola (Slika 2), nije karakterističan samo za latentni period ARB, već traje znatno duže, sve do 21-og dana posle zračenja. Kod ovog leka izostaje karakteristično povećanje dejstva koje se jasno vidi kod prethodna dva analgetika. Kod sva tri testirana leka posle subletalne doze zračenja (3Gy) dobijene su kvalitativno iste promene, s tom razlikom što kod letalne doze zračenja one nastaju brže i kraće traju.

Istovetne promene kod alfentanila i fentanila u ozračenih miševa, verovatno su posledica veoma slične hemijske strukture ova dva leka, a samim tim i iste sudbine u organizmu. Oba leka se kompletno metabolišu procesima N i O-dealkilacije, za razliku od butorfanola čiji je glavni put razgradnje glukuronidna konjugacija. Neđutim, iako se sva tri leka metabolišu u jetri, kod butorfanola zračenje nije prouzrokovalo pojačanje analgetskog dejstva, što govori o uticaju i nekih drugih, ekstrahepatičnih faktora. Tako su na primer Kventina i sar. (1966) pokazali da je smanjeno analgetsko dejstvo petidina u ozračenih pacova posledica pojačanog vezivanja ovog leka za proteinske plazme. Isto tako, izmenjen farmakološki odgovor nekih hipnotika i psihosedativa mogao bi biti i posledica promenjenog nivoa bioraspodeli amina u CNS-u (Varagić i sar., 1962, Miletich i sar., 1967). Svi gore navedeni podaci ukazuju da izmenjeno dejstvo lekova u ozračenom organizmu ne predstavlja jednostavno smanjenje ili ubrzanje kinetike leka, već jedan znatno kompleksiji mehanizam.

SUMMARY

THE EFFECT OF WHOLE BODY IRRADIATION ON THE ACTION OF STRONG ANALGESICS OF MICE

The effect of whole body irradiation of male mice with single doses of 3 and 7 Gy (^{60}Co source) on analgesic action of three morphine-like drugs was studied. Over the first 6 days after irradiation, the analgesic effect of alfentanil and fentanyl was significantly less pronounced in irradiated animals than in control ones. During the subsequent period od 24 days till the end of experiment, the analgesic effect in irradiated animals gradually increased reaching and exceeding the control values. On the contrary, the analgesic effect of butorphanol was less pronounced in irradiated animals than in control ones, although the difference was not significantly. The difference between butorphanol and other two drugs are probably due to chemical structure and the metabolic fate in the body.

LITERATURA

- Banić B., Medaković Lj., Medaković M., Švajcer K. (1970). Jugoslav. Physiol. Pharmacol. Acta, 6, 131-137.
- Gorban G. (1957). Red.Kozlov A.V.Moskva (Medgiz) 164-175.
- Kvetina J, Hostas K, Hovorkova M. (1966). Čs. Fysiol. 15, 18-23.
- Miletich D, Bradley S, Strike T. (1967). Proc.Soc.Exp.Biol.Med., 134, 403-405.
- Nair V. (1967). Radiat.Res. 30, 359-362.
- Nair V, Sugano H, Roth Z. (1964). Radiat. Res. 23, 265-272.
- Varagić V, Stepanović S, Hajduković S. (1962). Int. J. Radiation Biol. 5, 559-696.
- Winne D.,(1962). Arch.Pharm.Exp.Path., 243, 212-230.

KRETANJE AKTIVNOSTI ALKALNE FOSFATAZE I KONCENTRACIJE NEKIH MINERALA U KRVNOJ PLAZMI PASA SA ZDRUŽENIM RADIJACIJSKIM OZLJEDAMA

Šimpraga M., Miljenić S., Božičković P.,
Capak D., Emanović D., Kraljević F.

Veterinarski fakultet, Zagreb

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

UVOD

Ionizacijsko zračenje utječe na kosti tako da reducira njihov rast sterilizirajući maticne stanice u epifizama. Prag doza za zaostajanje u rastu kostiju je mala ili možda uopće ne postoji (1). U ovom radu pokušali smo zato istražiti kretanje nekih biokeminskih pokazatelja, koji su u vezi s metabolizmom kosti, u krvnoj plazmi pasa s prijelomom kosti koji su bili i ozračeni.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja smo obavili na psima križancima, oba spola, starosti 1,5-5 godina i tjelesne mase 9-12 kilograma u pokusnoj, i 18-22 kilograma u kontrolnoj skupini. Svim životinjama postavili smo na intaktnu lijevu tibiju odgovarajuću pločicu A.O. tehnike, a zatim je po sredini dijafize prepilili pilom po Gileu. Četvrti dan nakon operacije ozračili smo pokusnu skupinu životinja gama-zrakama (^{60}Co), i to cijelo tijelo, bilateralno. Kod ozračivanja svih životinja tkivu ekvivalentna doza u slobodnom prostoru na mjestu osi psa iznosila je 2 Gy. Krv za analizu vadili smo prije operacije, te 1, 3, 5, 7, 11, 15, 30. i 65. dana nakon operacije. U krvnoj plazmi određivali smo zatim aktivnost alkalne fosfataze (AP), te koncentraciju kalcija (Ca), fosfora (P) i magnezija (Mg). Ca i Mg određivali smo atomskim apsorpcionim spektrofotometrom (Perkin Elmer 305-B), P kolori-

metrijski, a AP kompletom reagencija "Radonja" Sisak. Rezultati su statistički obradeni i prikazani kao srednje vrijednosti (M) sa srednjom pogreškom srednje vrijednosti (S.E.), a značajnost promjena provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

REZULTATI

Rezultati pokusa prikazani su u tablici 1.

Iz dobivenih se rezultata vidi da djelovanje ionizacijskog zračenja u dozi od 2 Gy nije značajno utjecalo na promjene niti jednog istraživanog pokazatelja.

DISKUSIJA

Iako niti jedan istraživani pokazatelj nije pokazao značajne promjene tijekom istraživanog razdoblja, ipak moramo ustvrditi da je aktivnost AP u krvnoj plazmi pokusne skupine životinja bila veća nego u kontrolne skupine za vrijeme cijelog pokusnog razdoblja. Nepostojanje značajnih razlika među skupinama može biti posljedica neujednačenosti pokusnog materijala, u prvom redu s obzirom na starost, jer AP je enzim čija aktivnost ovisi o dobi životinja (2). Razlog povećanoj aktivnosti AP u krvnoj plazmi pokusnih životinja može biti posljedica ili stimulacije tog enzima u kostima ionizacijskim zračenjem, kako je to inače dokázao Wawrzkiewicz (3), ili, pak, povećane propustljivosti staničnih membrana zbog ozračivanja (4), u prvom redu stanicu jetre. Naime, jetra je radioosjetljiv organ (5), a alkalna fosfataza dijagnostički osjetljiv pokazatelj njenih oštećenja (6). Tek temeljitelja istraživanja u tom pravcu mogu unijeti više svjetla u taj problem.

tablica 1. Kretanje aktivnosti AF i koncentracije Ca, P i Mg u krvnoj plazmi pasa tijekom pokusnog razdoblja (M ± S.E.)

	Prije operacije		DANI MAKON OPERACIJE							
	0	1	3	5	7	11	15	30	65	
AF U/l										
Kontrolna skupina	68,803 ±6,35	85,361 ±9,17	88,736 ±10,36	58,734 ±16,54	65,501 ±10,82	54,945 ±12,83	59,005 ±17,79	53,993 ±10,861	60,834 ±12,67	
Pokusna skupina				102,312 ±20,23	91,269 ±23,29	74,379 ±14,36	63,498 ±14,51	89,523 ±14,94	74,185 ±34,10	
Ca mmol/l										
Kontrolna skupina	3,398 ±0,164	3,805 ±0,285	3,216 ±0,128	3,041 ±0,152	2,119 ±0,059	2,151 ±0,064	3,722 ±0,520	3,430 ±0,309	3,894 ±0,774	
Pokusna skupina					3,051 ±0,512	3,131 ±0,154	3,188 ±0,082	3,383 ±0,177	3,226 ±0,221	3,543 ±0,320
P mmol/l										
Kontrolna skupina	2,971 ±0,539	2,010 ±0,450	1,600 ±0,115	1,690 ±0,198	1,790 ±0,445	1,300 ±0,122	1,430 ±0,108	1,270 ±0,065	0,970 ±0,226	
Pokusna skupina					1,950 ±0,530	1,650 ±0,064	1,620 ±0,119	1,420 ±0,065	1,180 ±0,454	1,080 ±0,040
Mg mmol/l										
Kontrolna skupina	1,024 ±0,051	1,291 ±0,070	0,875 ±0,042	0,753 ±0,080	0,765 ±0,052	0,843 ±0,047	0,936 ±0,077	0,931 ±0,007	0,906 ±0,092	
Pokusna skupina					0,993 ±0,136	0,870 ±0,041	0,900 ±0,035	0,952 ±0,079	0,947 ±0,022	1,038 ±0,081

LITERATURA

- 1) United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 1982 Report: Sources and Effects of Ionizing Radiation, New York: United Nations, 1982: 583-4.
- 2) Bourne GH, ur. The Biochemistry and Physiology of bone. 1. izd. New York: Academic Press, 1956: 257.
- 3) Wawrzkiewicz M. Behavior of alkaline phosphatase under the influence of local irradiation of bones. Radiobiol Radiother 1973; 4: 427-33.
- 4) Bacq ZH, Alexander P. Fundamentals of Radiobiology. 2 izd. Oxford: Pergamon Press, 1966: 414-7.
- 5) Geraci JP, Jakson KL, Mariano M& et al. Hepatic injury after whole-liver irradiation in the rat. Radiat Res 1985; 101: 508-18.
- 6) Wilkinson JH. Diagnostic Enzymology. 1. izd. London: Edvard Arnold Ltd, 1976: 306.

ABSTRACT

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
(NOVI SAD, 08-11.06.1987. GODINE)

Šimpraga M., Miljanić S., Božičković P.,
Capak D., Emanović D., Kraljević P.

ALKALINE PHOSPHATASE ACTIVITY AND SOME MINERALS CONCENTRATION
IN CANINE BLOOD PLASMA WITH RADIATION COMBINED INJURIES

Alkaline phosphatase activity, Ca, P and Mg concentration were investigated in the blood plasma of dogs with a bone fracture as well as in those ones with a bone fracture combined with irradiation (2 Gy). Obtained results show that none of the investigated parameters were significantly changed during the experiment.

UTJECAJ RADIOAKTIVNOG FOSFORA ^{32}P NA KONCENTRACIJU NATRIJA I
KALIJA U KRVNOJ PLAZMI PILICA

Emanović, D., Božičković, P., Kraljević, P., Gomerčić, H.
Veterinarski fakultet, Zagreb

Uvod

Parenteralno aplicirani radioaktivni fosfor ^{32}P kokošima odlaže se u različitim organima i tkivima, a napose u kostima, jetri i bubrežima (1) što se odrazilo i na prometu različitih tvari u kontaminiranom organizmu (2, 3, 4). Zbog toga smo željeli istražiti učinak ionizirajućeg zračenja i na promet jednovaljnih elektrolita u kontaminiranom organizmu.

Materijal i metode

Pokuse smo obavili na pilićima, hibridne teške pasmine Ross, oba spola, starim 50 dana. Piliće smo podijelili u dvije skupine - pokusnu (7 životinja) i kontrolnu (4 životinje). Pokusnoj skupini jednokratno smo i.m. aplicirali izotoničnu otčinu NaH_2PO_4 obilježenu radioaktivnim fosforem (dcze = 160,5 kBq/kg tjelesne mase), a kontrolnoj skupini odgovarajući volumen fiziološke otcpine NaCl/kg tjelesne mase.

Krv za pretragu uzimali smo neposredno prije, te 1, 3, 5, 7, i 10. dana nakon aplikacije ^{32}P . Končinu natrija i kalija u krvnoj plazmi odredivali smo atomskim absorpcijskim spektrofotometrom (Ferkin Elmer).

Dobivene rezultate statistički smo obradili i prikazali ih kao srednje vrijednosti (\bar{x}) sa standardnom pogreškom srednje vrijednosti.

jednosti (S.E.), a značajnost promjena provjerili smo t-testom po Studentu i Fisheru.

Rezultati

Rezultat pokusa prikazali smo u tablici 1.

Tablica 1. Kretanje koncentracije natrija i kalija u krvnoj plazmi pilića tijekom pokusnog razdoblja

Prije pokusa	Dani nakon aplikacije ^{32}P					
	1.	3.	5.	7.	10.	
Natrij mg/100 ml						
Kontrolna skupina	222,10 $\pm 11,11$	214,83 $\pm 2,13$	214,12 $\pm 8,60$	208,57 $\pm 4,70$	215,74 $\pm 13,44$	212,10 $\pm 13,90$
Pokusna skupina	235,17 $\pm 12,36$	260,58 $\pm 16,68$	201,71 $\pm 13,94$	239,51 $\pm 10,81$	220,80 $\pm 7,25$	244,71 $\pm 13,72$
Kalij mg/100 ml						
Kontrolna skupina	26,59 $\pm 1,15$	26,85 $\pm 0,32$	30,51 $\pm 1,62$	25,50 $\pm 2,68$	30,47 $\pm 2,08$	34,68 $\pm 3,24$
Pokusna skupina	31,88 $\pm 1,20$	30,73 $\pm 1,29$	25,90 $\pm 1,27$	36,87* $\pm 2,74$	26,06 $\pm 0,43$	40,82 $\pm 1,87$

* = $P < 0,05$.

Diskusija

Aplikacija ^{32}P nije utjecala na koncentraciju natrija u krvnoj plazmi pilića tijekom promatranog razdoblja.

Koncentracija kalija u krvnoj plazmi pokusne skupine pilića značajnije je porasla u odnosu na kontrolnu skupinu samo petog dana nakon aplikacije ^{32}P ($P < 0,05$). Sličan porast koncentracije kalcija i magnezija opisali smo u jednom ranijem radu (2). Wolters i Konings (5) pokazali su da ionizacijsko zračenje izaziva oštećenja membranskog lipidnog matriksa i izlazak intracelularnog kalija. Primijećena je i obnova membrane za koju predpostavljaju da je posljedica membranske reorganizacije koja je to efikasnija što je temperatura bliža tjelesnoj temperaturi. Promjena permeabilitet staničnih membrana, te oslobođanje nekih metabolita kao posljedice ionizacijskog zračenja (3) mogli bi biti uzrokom opisanog porasta koncentracije kalija u krvnoj plazmi promatranih pilića.

Literatura

1. Shirley RL, Driggers JC, McCall JT et al. The rate of deposition and turnover of P^{32} and Ca^{45} in the tissues of the laying hen. Poultry Sci 1954 ; 33 : 932-5.
2. Emanović D, Kraljević P, Kos K, et al. Kretanje koncentracije nekih minerala u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P . U: XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Fula, 10-13. lipnja, 1985 : zbornik radova. 190-2.
3. Emanović D, Kraljević P, Mitin V et al. Effect of radioactive phosphorus (^{32}P) on the activity of lactate and α -hydroxybutyrate dehydrogenases in chicken blood plasma. Acta vet 1983 ; 33 : 263-9.

4. Kraljević P, Emanović D, Nitin V et al. Enzimski profil u krvnoj plazmi pilića nakon unutarnje kontaminacije radioaktivnim fosforom ^{32}P . U: XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Pula, 10-13. lipnja, 1985 : zbornik radova. 193-6.
5. Wolters H, Konings AW. Membrane radiosensitivity of fatty acid supplemented fibroblasts as assayed by loss of intracellular potassium. Int J Radiat Biol 1985 ; 48 : 963-73.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA, Novi Sad, 08 - 11. juni 1987.

Emanović D., Božičković, P., Kraljević, P., Gomerčić, H.

Effect of radioactive phosphorus ^{32}P on the concentration changes of sodium and potassium in chicken blood plasma

The concentration changes of sodium and potassium in the blood plasma of radioactive isotope ^{32}P treated chickens were investigated. There was a significant rise of potassium concentration achieved only at the day 5 after radionuclide injection.

ELEKTROFORETSKE FRAKCIJE BJELENČEVINA U KRVNOJ PLAZMI PILIĆA NAKON
UNUTRAŠNJE KONTAMINACIJE RADIOAKTIVNIM FOSFOROM ^{32}P

Kraljević, P., Križanović, D., Emanović, D., Gomerčić, H.

Veterinarski fakultet, Zagreb

Uvod

U jednom našem ranijem radu (1) pokazali smo da se aktivnost nekoliko enzima, koji su inače specifični za jetru peradi ili mogu poslužiti za dijagnostiku jetrinih oštećenja u peradi, značajno mijenja u krvnoj plazmi pilića nakon parenteralne aplikacije radioaktivnog fosfora ^{32}P . Iako tada nismo našli nikakvih patomorfoloških promjena na organima pokusnih pilića, te promjene u aktivnosti enzima objasnili smo kao posljedicu jetrinih funkcionalnih oštećenja izazvanih ionizacijskim zračenjem.

Budući da je jetra glavno mjesto sinteze goleme većine serumskih bjelančevina, htjeli smo ovog puta istražiti da li to jetrino funkcionalno oštećenje ima odraza i na sintezu bjelančevina, odnosno da li serumski bjelančevine mogu poslužiti, zajedno s enzimima, za ranu dijagnostiku jetrinih oštećenja izazvanih ionizacijskim zračenjem.

Materijal i metode

Pokusne smo obavili na pilićima, hibridima teške pasmine Ross, oba spola, starim 50 dana. Pilićima smo intramuskularno injicirali radioaktivni fosfor ^{32}P u obliku $Na_2^{32}HPO_4$, a u dozi od $166,5 \text{ MBq}$ po kilogramu tjelesne mase. Osim pokusne skupine imali smo i kontrolnu skupinu pilića, koje smo držali pod istim uvjetima kao i piliće iz pokusne skupine, a umjesto ^{32}P injicirali smo fiziološku otopinu natrijeva klorida.

Krv za analizu uzimali smo jedan dan prije aplikacije radionuklida, te

1, 3, 5, 7. i 10. dana nakon aplikacije ^{32}P . U krvnoj plazmi odredjivali smo koncentraciju bjelančevina biuret metodom (2), a koncentraciju albumina i ukupnih globulina, te koncentraciju pojedinih bjelančevinskih frakcija, odnosno subfrakcija (α -globulini, β_1 - i β_2 -globulini, γ_1 - i γ_2 -globulini) odredjivali smo s pomoću elektroforeze na Cellogel trakama, dok su frakcije pojedinih bjelančevina očitane s pomoću densitometra Cellometric 2. Po završetku pokusa životinje smo žrtvovali i izvršili patohistološki pregled unutrašnjih organa.

Rezultati su statistički obradjeni i prikazani kao srednja vrijednost. Razlika među skupinama provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

Rezultati

Rezultati pokusa prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Prosječna koncentracija serumskih bjelančevina i njihovih frakcija u krvnoj plazmi kontrolnih pilića (gornja tablica) i nakon aplikacije ^{32}P (donja tablica) (g/l). (n = 4 u svakoj skupini)

Dani pokusa	Ukupne bjelanč.	Album.	Ukupni globul.	A/B	G l o b u l i n i				
					α	β_1	β_2	γ_1	γ_2
P _I ^x	43,62	22,38	21,24	1,10	3,48	1,90	2,32	7,51	6,02
1	41,52	20,97	20,56	1,04	2,72	4,84		7,99	5,00
3	39,18	20,95	18,23	1,17	3,83	1,79	2,08	5,62	4,91
5	44,10	22,76	21,34	1,08	4,30	1,92	2,26	7,11	5,74
7	42,96	21,28	21,68	0,99	3,92	2,14	2,42	6,37	6,8
10	40,62	19,98	20,64	0,97	3,40	2,10	2,38	5,93	6,84
P _I ^x	44,34	22,46	21,88	1,12	3,56	2,09	2,23	7,76	6,25
1	40,32	22,03	18,29	1,22	2,32	1,98	1,71	7,72	4,55
3	37,20	19,34	17,86	1,10	3,34	2,02	2,21	5,96	4,32
5	45,42	24,69	20,73	1,19	4,01	2,34	2,85	6,90	4,64
7	43,86	23,62	20,24	1,17	4,52	2,32	2,36	6,81	4,25
10	43,56	20,90	22,66	0,98	4,09	2,99	2,67	7,98	4,92

^xP_I = prije injiciranja ^{32}P ; * = P < 0,05; ** = P < 0,010

Iz priložene tablice možemo razabrati da su, od svih istraživanih pokazatelja, jedino α - i β_2 -globulini pokazali značajne promjene tijekom pokusnog razdoblja.

Naime, obje globulinske frakcije bile su značajno smanjene 7. dana pokusa i to na razinu od 0,05 odnosno 0,01.

Patohistološki način bio je negativan kod svih pokušnih plitica.

Diskusija

Činjenica, dakle, da je uz koncentraciju γ_2 -globulina jedino još koncentracija α -globulina pokazala značajan pad u krvnoj plazmi pokušnih plitica, podupire našu raniju pretpostavku o mogućem funkcionalnom oštećenju jetre ionizacijskim zračenjem (1). Naime, u tom radu smo, zbog pada aktivnosti niza enzima u krvnoj plazmi plitica nakon parenteralne aplikacije ^{32}P , pretpostavili da je taj pad, unatoč činjenici da nismo našli nikakvih patomorfoloških promjena na organima pokušnih plitica, posljedica biokemijskog oštećenja jetre. Budući da je smanjenje koncentracije α -globulina u krvnoj plazmi jedan od pouzdanih dijagnostičkih pokazatelja jetrinih oštećenja (3), tu promjenu smatramo još jednim dokazom našoj ranijoj pretpostavci. Stupanj funkcionalnog oštećenja jetre postignut u našim pokušima nije, međutim, imao bitnog utjecaja na sintezu drugih bjelančevina i njihovih frakcija, koje se također sintetiziraju u jetri. Uzroci tome mogu biti različiti. Jedan od njih je i mogućnost da su mehanizmi odgovorni za sintezu α -globulina osjetljiviji na ionizacijsko zračenje od mehanizma odgovornih za sintezu drugih bjelančevina, odnosno njihovih frakcija.

Smanjena koncentracija γ_2 -globulina u krvnoj plazmi plitica u skladu je s rezultatima mnogih autora (4), koji su pokazali da je stvaranje antitijela smanjeno nakon ozračivanja letalnim dozama ionizacijskog zračenja. Najvjerojatniji uzrok smanjenoj koncentraciji γ_2 -globulina koju smo zabilježili u našim pokušima je oštećenje tkiva u kojima se oni sintetiziraju, a koja spadaju u sam vrh ljestvice osjetljivosti na ionizacijsko zračenje.

Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da su serumske bjelančevine, općenito uvezši, manje osjetljivi biokemijski pokazatelji funkcionalnih jetrinih oštećenja od enzima. Izuzetak su α -globulini i γ_2 -globulini, koji, zajedno s odredjivanjem enzimskog profila u krvnoj plazmi, mogu poslužiti kao

biokemijski pokazatelji jetrinih oštećenja izazvanih ionizacijskim zračenjem, i to u vrijeme kada još nisu nazočni nikakvi drugi znakovi.

Literatura:

1. Kraljević P., Emanović D., Mitin V., et al. Enzimski profil u krvnoj plazmi pilića nakon unutarnje kontaminacije radioaktivnim fosforom ^{32}P . U: XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, Pula, 10-13 lipnja, 1985 : zbornik radova. 1985-6.
2. Fisher-Herman M. Kliničko-biokemijske pretrage. Zagreb : Školska knjiga, 1956 : 458.
3. Kapian LA, Amadeo PJ. Clinical chemistry. St.Louis : The C.V. Mosby Comp., 1984 : 1312.
4. Anderson RE, Warner NL. Ionizing radiation and the immune response. Adv Immunol 1976 ; 24 : 215-335.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA, Novi Sad, 08-11. juni 1987.

Kraljević P., Križanović D., Emanović D., Gomerčić H.

Electrophoretic fractions of proteins in the blood plasma of chickens after ^{32}P injection

The concentration of total protein and electrophoretic fractions of proteins in the blood plasma of radioactive isotope ^{32}P treated chickens were investigated. Only α_1 -globulin and γ_2 -globulin fractions decreased significantly after radionuclide injection.

XIV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Novi Sad, 8.-11.06.1987.

PONAŠANJE ^{103}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs I $^{140}\text{Ba-La}$ U ORGANIZMU KUNIĆA

Vertačnik A.

Centar za istraživanje mora Zagreb, Institut "Rudjer Bošković", Zagreb

Sažetak: U ovom radu odredjena je distribucija ^{103}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs i $^{140}\text{Ba-La}$ u organizmu biljoždera-kunića. Praćena je eliminacija iz organizma tokom šest mjeseci, praćen je prenos radionuklida putem mlijeka u mlade životinje. Ispitana je mogućnost djelovanja na nivo akumulirane radioaktivnosti promjenom prehrane, što može doprinjeti smanjenju doze putem ingestije.

UVOD

Cilj ispitivanja prikazanog u ovom radu bio je:

- odrediti distribuciju ^{103}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs i $^{140}\text{Ba-La}$ po organima i tkivima biljoždera kunića i usporediti s postojećim podacima za čovjeka,
- pratiti eliminaciju iz organizma tokom šest mjeseci,
- pratiti prenos radionuklida putem majčinog mlijeka u mlade životinje,
- ispitati mogućnost djelovanja na nivo akumulirane radioaktivnosti promjenom prehrane.

MATERIALI I METODE

Grupa od 10 domaćih kunića iz istog legla praćena je tokom šest mjeseci. Kao kontrolna skupina služilo je 5 kunića uzgajanih u različitim leglima na istoj lokaciji. U određenim vremenskim razmacima životinje su žrtvovane, te izvršena γ -spektrometrijska analiza mišića, jetre, bubrega, pluća, probavnih organa sa sadržajem. Prosječna težina kunića bila je 2,5 kg, uz prosječan unos hrane od 1 kg trave na dan. Specifična aktivnost trave-hrane bila je poznata. Dvadesetpetog dana od početka pokusa ispitivanoj grupi kunića promijenjena je hrana, koja se do kraja pokusa sastojala od 90% rezanaca šećerne repe i mlinskog otpada, 10% svježe trave i kuhijske soli koliko životinje žele. Kontrolna grupa je i dalje dobivala svježu travu.

γ -spektrometrijska analiza cijelog tijela mlađih kunića (težine 0,4 kg), koji su uzimali samo majčino mlijeko, izvršena je tri puta u određenim vremenskim razmacima.

Radioaktivnost akumulirana u organizmu kunića mjerena je na γ -spektrometrijskom sistemu: Ge(Li) detektor-4096 kanalni analizator u MarInelli posudama III cilindričnim posudama poznate geometrije i efikasnosti. Vrijeme mjeranja uzorka kretalo se od 2000 do 10000 skundi. Specifična aktivnost izračunata je iz relacije:

$$A_i = \frac{I_i}{\epsilon_i \times B_i \times T} \quad (\text{Bq/kg})$$

gdje je: I_i - aktivnost i-tog radionuklida (imp/sek), ϵ_i - efikasnost brojača za i-ti radionuklid (imp/sek/Bq), B_i - udio γ -zrake, T - težina uzorka (kg).

Specifična aktivnost kratkoživućih radionuklida korigirana je na dan usmrćenja životinje.

REZULTATI I DISKUSIJA *

γ -spektrometrijskom analizom mišića i unutarnjih organa kunića određena je distribucija ^{103}Ru , ^{131}J , ^{134}Cs , ^{137}Cs i $^{140}\text{Ba-La}$ u organizmu biljoždera. Tokom šest mjeseci praćena eliminacija radionuklida uz istovremeno kontinuirano unošenje hrani (Slike 1-4).

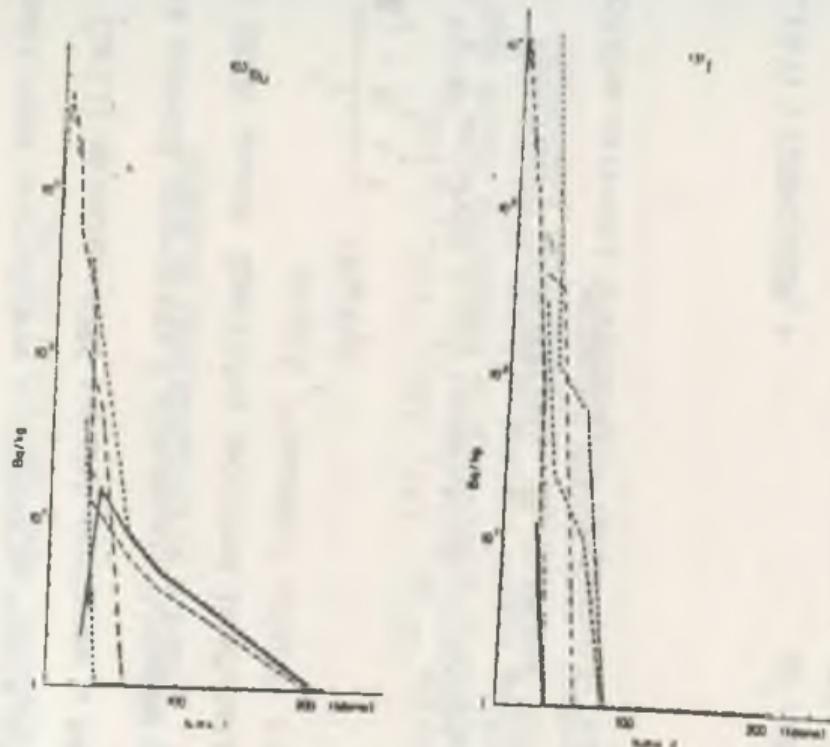
Specifične aktivnosti cijelog tijela odraslih životinja usporedjene su s mладuncima (Slika 5). Kretanje specifične aktivnosti $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ u mišićima ispitivane i kontrolne grupe životinja zajedno s aktivnosti hранe prikazano je na Slici 6.

^{103}Ru - koncentriran je u bubrežima i jetri, odakle se eliminira s efektivnim $T_{1/2 \text{ eff}} = 10$ odnosno 15 dana (Slika 1)

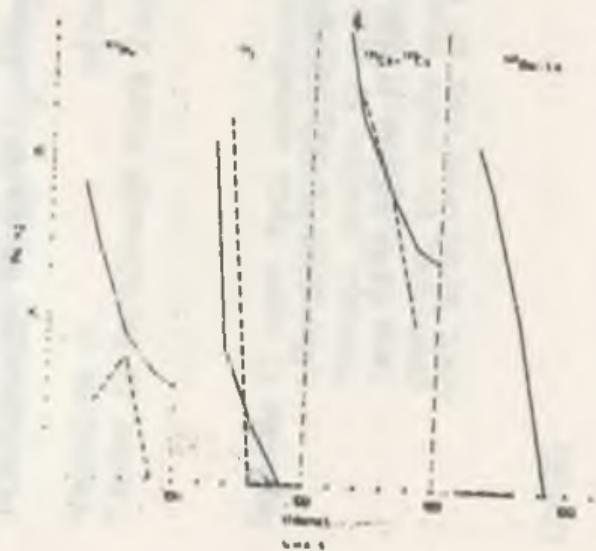
- aktivnost u mišićima je niska, uz sporiju akumulaciju i eliminaciju ($T_{1/2 \text{ eff}} = 23$ dana)
- aktivnost u probavnim organima naglo pada s $T_{1/2 \text{ eff}} = 7$ dana
- rutenij prelazi s majčinim mlijekom u mладunce, s manjom bržom akumulacije i koeficijenta distribucije manjim od 1 (Slika 5).

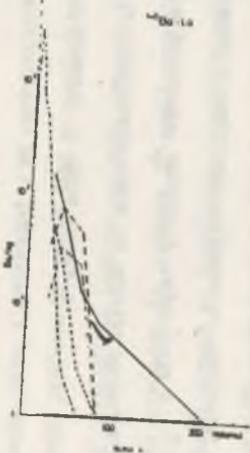
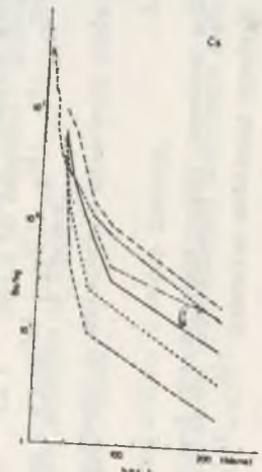
^{131}J - koncentririra se selektivno u pluća i štitnjaču, kao što se očekivalo, i se eliminira odakle s $T_{1/2 \text{ eff}} = 7$ dana (Slika 2)

- uklanja se iz tijela preko bubrega i jetre s $T_{1/2 \text{ eff}} = 2$ dana
- aktivnost u mišiću je niska i brzo se uklanja s $T_{1/2 \text{ eff}} = 4$ dana
- s majčinim mlijekom jod prelazi u mlade životinje (Slika 5).

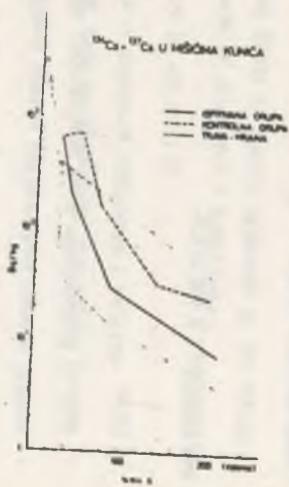


OORASU
MIADI





—	HOD
- - -	JETRA
---	BUBREG
—	PULČA - STITIĆAČA
—	PROBIRNI ORGANI - BREDZAJ
—	TRUPA - HRANA



140Ba-La - koncentrira se u mišićima, odakle se uklanja s $T_{1/2}$ ef = oko 10 dana, preko bubrega i jetre (Slika 4)

- u plućima kunića Ba-La nije bio detektiran
- u tijelima mlađih životinja Ba-La nije bio detektiran, što indiciра da ga u majčlom mlijeku nije bilo (Slika 5) $K_d = 0$

134Cs + 137Cs - najviše koncentracije odredjene su u bubrežima, naročito u početnom periodu pokusa, kada je eliminacija iz organizma bila vrlo intenzivna (Slika 3)

- u tijelima mlađih životinja detektirana je aktivnost cezija jednaka kao u odraslih, $K_d = 1$ (Slika 5)
- cezij, koji se u fiziološkim procesima ponaša kao Na^+ i K^+ , relativno se brzo eliminiра iz mišića i organa, s $T_{1/2}$ ef oko tri tjedna. Slika 6 pokazuje razliku u brzini eliminacije između ispitivane i kontrolne grupe životinja. U ispitivanim kunićima, zbog smanjenog unosa aktivnosti hranom, mišići eliminiraju cezij s $T_{1/2}$ ef = 7 dana u početnom periodu pokusa.

Iz prikazanih rezultata vidi se da je distribucija 103Ru, 131J, 134Cs, 137Cs i 140Ba-La po organima i tkivima kunića slična kao kod čovjeka (1). Procesi eliminacije se odvijaju brže nego kod čovjeka zbog manje težine tijela i bržeg metabolizma.

Mlade životinje akumuliraju preko mlijeka jod i cezij, a rutenij i barij djelomično ili nikako. Kritični radionuklidi 134Cs i 137Cs brzo su eliminirani iz mišića ispitivanih kunića nakon prelaska na drugu hranu, pa se aktivnost mišića-jestivog dijela životinje može dovesti u granice predviđene zakonskim odredbama za samo nekoliko dana.

Rezultati ovog ispitivanja ukazuju da se odgovarajućim izborom hrane može utjecati na nivo radioaktivnosti u organizmu, i time na smanjenje doze koju organizam primi, naročito u slučaju nuklearnog akcidenta.

Abstract: The distribution of 103Ru, 131J, 134Cs, 137Cs, 140Ba-La between rabbit organs and tissues and their elimination from the organisms were followed during six month. The transport of radionuclides to young animals via mother milk was followed. The possibility for reduction of the total body burden by change in diet was examined too. Key words: rabbit, radionuclide, diet

Autor želi zahvaliti ing. Marijanu Juraku na odličnoj suradnji tokom pokusa.

Literatura:

- I. A. Brodsky, ed.: CRC Handbook of Radiation Measurement and Protection, Sec. A Vol. II, str. 164-222, CRC Press, 1982.

UTJECAJ KELATOGENE TERAPIJE (DTPA) NA SMANJENJE RETENCIJE ^{141}Ce U ŠTAKORA

Kargačin, B., Koštial, K.

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

U radu je ispitana utjecaj oralne i parenteralne primjene kelatogene terapije na retenciju ^{141}Ce u mlađih štakora. Nasuprot rezultatima sa odraslim životinjama postignuti rezultati ukazuju na visoku efikasnost oralne kelatogene terapije u smanjenju retencije radiocerija u tijelu mlađih sisajućih štakora.

:

Uvod

Kelatogena terapija smatra se terapijom izbora u slučajevima kontaminacije toksičnim radionuklidima i metalima (1). Visoka efikasnost parenteralno primijenjene terapije pokazana je u svim slučajevima neposredne kao i kasnije njene primjene. Oralna primjena kelatogene terapije bila je znatno niže efikasnosti u slučaju ingestiranih radionuklida uzrokovala je i povećanje apsorpcije tih radionuklida u tijelu (2). Kako su ta ispitivanja vršena na odraslim pokusnim životinjama cilj ovog ispitivanja bio je ustanoviti da li će se oralnom primjenom kelatogene terapije postići isti učinak i kod mlađih sisajućih štakora.

Materijal i metode

Pokus je vršen na štakorima starosti 6 dana. Oni su radionuklid

^{141}Ce (Radiochemical Centre Amersham, Engleska) primili oralno ili intraperitonealno. Kelatogeni agens Ca-DTPA (Heyl & Co., Berlin, Njemačka) primijenjen je intraperitonealno ($380 \mu\text{mol}/\text{kg}$ tj. tež.) dva puta - neposredno nakon ^{141}Ce te 24 sata kasnije a kelatogeni agens Zn-DTPA primijenjen je oralno takodjer dva puta ($3.8 \text{ g}/\text{kg}$ tj. tež.), a prva doza dana je zajedno sa ^{141}Ce ili 24 sata kasnije. Kad peroralno danog ^{141}Ce i kelatogene terapije primijenjena je metoda umjetnog hranjenja putem kapaljke - životinje su tokom 8 sati bile umjetno hranjene mlijekom označenim sa ^{141}Ce te primile kelatogeni agens Zn-DTPA. Retencija u cijelom tijelu, probavnom traktu, femuru, jetri i bubrežima odredjena je 6 dana nakon primjene ^{141}Ce .

Rezultati i diskusija

Intraperitonealno primijenjen Ca-DTPA značajno je smanjio retenciju intraperitonealno primijenjenog cerija ali nije utjecao na retenciju oralno danog ^{141}Ce . Nasuprot tome oralna kelatogena terapija u mladih sisajućih štakora smanjila je vrlo jako retenciju oralno danog cerija bez obzira da li je dana zajedno sa ^{141}Ce ili 24 sata kasnije. Za takav učinak kombinirane terapije najvećim dijelom odgovorno je smanjenje retencije u probavnom traktu no smanjena je i retencija u organima.

Nasuprot rezultatima dobivenim u pokusima sa odraslim životinjama u kojima je apsorpcija ingestiranog plutonija povećana oralnom primjenom Ca-DTPA 600 puta (2) a retencija ^{141}Ce u 8-tjednih štakora koji su primili Zn-DTPA u hrani povećana u skeletu 10

puta (3), kod mlađih sisajūčih stakora taj učinak ne postoji. Oralna kelatogena terapija u mlađih stakora ne uzrokuje povećanje absorpcije i retencije ingestiranog radionuklida što ukazuje na drugaćiji mehanizam njegove apsorpcije. Postignuti rezultati ukazuju na mogućnost primjene oralne kelatogene terapije u mlađih organizama.

Literatura

1. CATSCH A, HARMUTH-HOENE A-E. The pharmacology and therapeutic application of agents used in heavy metal poisoning, LEVINE WG, ed. Chelation of Heavy Metals. Pergamon Press-New York 1973: 107.
2. BAXTER DW, SULLIVAN MF. Gastrointestinal absorption and retention of plutonium chelates. Health Phys. 1972; 22:785-6.
3. KARGAČIN B, KOŠTIAL K. Reduction of ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{131}I and ^{141}Ce retention in rats by simultaneous oral administration of calcium alginate, ferrihexacyanoferrate(II), KI and Zn-DTPA. Health Phys. 1985; 49: 859-64.

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zracenja, Novi Sad, 08.-11. juni
INFLUENCE OF CHELATION THERAPY (DTPA) ON ^{141}Ce RETENTION IN RATS

Kargacim B., Kostial K.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Abstract

We investigated the influence of oral and parenteral administration of chelation therapy on the retention of ^{141}Ce in young rats. Opposite to results obtained in adult rats present results show high efficacy of oral chelation therapy in reducing radio-cerium retention in the whole body and organs of suckling rats.

**PREHRAMBENI DODACI KAO METODA ZA SNIZENJE APSORPCIJE RADIOCERA
U MLADIH ŠTAKORA**

Landeka, M., Kostial, K., Kargačin, B.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Uvod

Poznato je da gastrointestinalna apsorpcija radionuklida ovisi o nizu faktora među kojima su dob i prehrana posebno značajni (4). Pri povišenoj radioaktivnoj kontaminaciji okoliša najviše je ugrožena najmlađa dobra skupina zbog povišene apsorpcije radionuklida u toj dobi. Razlog tome je u "nezrelosti" procesa apsorpcije iz probavnog trakta i mlijeku kao specifičnoj prehrani u toj dobi. Svrha ovog rada je bila da ustanovimo da li primjenom nekih prehrambenih dodataka možemo sniziti apsorpciju i retenciju radioaktivnog cera u sisajućih štakora. Cer je jedan od fizijskih produkata za koji je dokazana vrlo visoka apsorpcija i retencija u najmladoj dobroj skupini (2, 3).

Materijal i metode

Sest dana stari štakori bili su umjetno hranjeni kravljim mlijekom štakorskom hrani ili mješavinom sastojaka štakorske hrane (riblje brašno, sunčokretova sačma, lucerna, pinotan i premiks) kroz 6 sati tokom dana a zatim su vraćeni svojim majkama koje su sisali preko noći. ^{141}Ce (Amersham, Engleska) primijenjen je oralno ($4 \mu\text{Ci}$; 148kBq) sa različitim prehrambenim dodacima tokom prvog dana. Dužina

umjetnog hranjenja bila je različita. U prvom pokusu su životinje primale prehrambene dodatke samo tokom prvog dana pokusa (jedno-kratna primjena) a u drugom pokusu su dodatke primali kroz 6 dana (višekratna primjena). Radioaktivnost cijelog tijela odredili smo prvog i šestog dana pokusa u dvodetektorskom scintilacijskom brojaču. Rezultate retencije izrazili smo kao postotak doze (početne radioaktivnosti u tijelu).

Rezultati i diskusija

U pokusu sa jednokratnom primjenom dodataka najniža retencija ^{141}Ce bila je u grupi koja je primala sastojke (60%). Dodatak štakorske hrane također je značajno snizio retenciju (15%) radiocera u odnosu na grupu mladunčadi hranjenih mlijekom (40%). U pokusu sa višekratnom primjenom učinak sastojaka bio je znatno jači jer smo postigli najniže rezultate retencije ^{141}Ce u tijelu (0.4%). Kasna primjena sastojaka (2 dana nakon primjene ^{141}Ce) bila je još uvijek vrlo uspješna u sniženju retencije (2.5%) u odnosu na grupu hranjenih mlijekom (38%).

Učinak prehrambenih dodataka na retenciju ^{141}Ce u sisajućih štakora (% oralne doze 6 dana nakon primjene)

Prehrambeni dodaci	Primjena	
	Jednokratna	Višekratna
Mlijeko	39.90 ± 5.32 (10)	37.56 ± 2.75 (10)
Stakorska hrana	13.02 ± 1.17 (15)	0.36 ± 0.04 (10)
Sastojci	5.84 ± 1.17 (15)	-
Mlijeko + sastojci ^x	-	2.46 ± 0.39 (10)

Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm SP

^x Sastojci dani 2 dana nakon primjene ^{141}Ce . Broj životinja u zagradi.

Primjenom sastojaka štakorske hrane uspjeli smo ranije postići značajno sniženje retencije ^{85}Sr , ^{203}Hg i ^{115m}Cd (3). Na osnovu naših novih rezultata možemo zaključiti da se primjenom (naročito produženom) nekih sastojaka štakorske hrane (koji nisu toksični) može postići visoko sniženje apsorpcije i retencije radioaktivnog cera u najmlađoj dobroj skupini (7-100 puta) u odnosu na mlijekom hranjene životinje. Posebno je značajno da su takvi dodaci vrlo efikasni i ako se primjene nekoliko dana nakon oralne kontaminacije radioaktivnim cerom.

Literatura

- 1) Eisele R, Mraz FR, Woody MC. Gastrointestinal uptake of ^{141}Ce in the neonatal mouse, rat and pig.
Health Phys 1980; 39: 185-92.
- 2) Inaba J, Lengemann FW. Intestinal uptake and whole body retention of ^{141}Ce by suckling rats.
Health Phys 1972; 22: 169-75.
- 3) Kostial K, Kargačin B, Landeka M. Influence of dietary ingredients on the body retention of strontium, cadmium and mercury in suckling rats.
Toxicol Lett 1984; 23: 163-68.
- 4) Nordberg GF, Fowler BA, Friberg L et al. Factors influencing metabolism and toxicity of metals: A consensus report.
Environ Health Perspect 1978; 25: 3-41.

XIV Jugosavenski simpozijum zaštite od zračenja

Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

Landeka, M., Kostial, K., Kargačin, B.

DIETARY ADDITIVES AS A METHOD FOR REDUCING CERIUM ABSORPTION
IN SUCKLINGS

Dietary additives (cow's milk, rat diet or some rat diet ingredients) were administered to 6-day-old artificially fed suckling rats. ^{141}Ce was administered orally. Ratdiet ingredients (fish meal, sunflower meal, alfalfa, cane molasses and premix) were found to be extremely efficient in reducing cerium retention even if administered two days after ^{141}Ce application.

Dietary additives, ^{141}Ce , suckling rats, absorption

4. sekcija: MEDICINSKO-BIOLOŠKA ZAŠTITA

Institut za nuklearnu medicinu VMA

Odeljenje za radiološku zaštitu Instituta za medicinu rada ZZPM VMA

OSOBENOSTI I ORGANIZACIJA ZBRINJAVANJA KONTAMINOVANIH OSOBA U VOJNOMEDICINSKOJ
AKADEMIJI U BEOGRADU

Odavić M., Pejušković B., Milicević S. i Djurakić D.

U uslovima potpunog iznenadjenja, bez ikakvih prethodnih informacija o vrsti, obimu i osobenostima nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilju (SSSR), kao i broju lica i stepenu kontaminacije, kada javna zdravstvena služba nije bila ni obaveštena niti aktivirana - dana 30.04 1986. godine u 05.15 sati, u VMA je autobusom stigla prva grupa od 43 jugoslovenska turista, koji su se zadesili u blizini mesta mesta nesreće, tražeći medicinsku pomoć. U skladu sa postojećim predviđenim merama i aktivnostima u vanrednim okolnostima u VMA, dežurna služba je aktivirala Ekipu za zbrinjavanje Instituta za nuklearnu medicinu (INM) i Instituta za medicinu rada ZZPM VMA. Pozvano osoblje Ekipe za zbrinjavanje INM pristiglo je u VMA u 06.00 sati, kada je primljena grupa kontaminiranih turista. Postupak obrade, zbrinjavanja i dekontaminacije započet je u 06.15 sati, u zajednici sa ekipom i lekarima Odeljenja za radiološku zaštitu IMR ZZPM VMA.

Naredbom Načelnika VMA odmah je formirano Odeljenje za potpunu dekontaminaciju ljudstva po principima Sanitarnog propusnika, a sve u skladu sa aktuelnim okolnostima, konkretnim uslovima u objektu VMA, kao i postojećim normativnim propisima koji regulišu rad SnS1 u vanrednim i ratnim okolnostima nastalim "radioaktivnom kontaminacijom".

ORGANIZACIJA RADA I SISTEM TRIJAZE - Organizacija rada, dozimetrijska kontrola, trijaža i dekontaminacija kontaminiranih lica (putnika) vršena je u skladu sa jedinstvenom ratnomedicinskom doktrinom SnS1 i RBH zaštite, kao i normativnim stavovima Medjunarodne agencije za zaštitu od zračenja. Pri pregledu, dozimetrijskoj kontroli, trijaži i dekontaminaciji rukovodili smo se takozvanim "riskantnim normalom" (a ne ratnim) o maksimalno dozvoljenim nivoima kontaminacije. Rad u samom objektu VMA, primenom principa Sanitarnog propusnika, imao je svoje sledeće delove: nečista strana - sa dva mesta za dozimetrijsku kontrolu kosmatih delova tela, odeće, obuće, a posebno prtljaga - mesto za svlačenje kontaminirane odeće i obuće i odlažanje u vreće - pranje tela tuširanjem - kontrola zaostale spoljnje radioaktivno-

sti tela i - oblačenje "čiste" (nekontaminovane) odeće i obuće.

Posebno značajan postupak je organizovano, sažeto i jasno informisanje grupe kontaminiranih lica o vrsti, osobenostima oštećenja (kontaminacije i/ili ozračenja), merama i organizaciji zbrinjavanja, redosledu postupaka, dosadašnjim iskustvima o efikasnosti tih mera koje će se izvoditi i stepenu poznatog rizika. Informisanje kontaminovanih (ili ozračenih) osoba mora da izvrši najodgovorniji i najstručniji lekar (rukovodilac) ekipe za zbrinjavanje.

Pregled i dozimetrijska kontrola spoljnje kontaminacije vršena je primenom radioloških detektora RD-M3 i mernim aparatima za merenje radioaktivnosti, tranzistorskim monitorom kontaminacije (Komo-TM), pri čemu je medicinski tehničar pregledom išao od glave prema nogama i obući. Za grubu trijažu, odnosno, radiološku dozimetrijsku trijažu i radiološku detekciju površina, prostorija, autobusa i prtljaga korišćeni su detektori za merenje površinske kontaminacije, zračenja (model Berthold 1210 B). Otkrivena i nadjena kontaminovana odeća, obuća i predmeti stavljeni su u plastične PVC vreće, obeležene imenom, prezimenom, adresom i telefonom vlasnika i odlagane u posebno odeljenje za odležavanje kontaminovanih predmeta u INM.

OSNOVNA MERILA (KRITERIJUMI) DOZIMETRIJSKE KONTROLE I TRIJAŽE - Postupak trijaže saglasan navedenim merilima i normama jedinstvene ratnomedicinske doktrine izvodjen je na sledeći način:

1. Lica sa radioaktivnom kontaminacijom kose, odeće i obuće sa brzinom doze zračenja od 0.003 nA/kg (50, uR/h) iznad fona na mestu merenja, vraćana su kućama ili na radno mesto, uz savet za provodjenje uobičajenih higijenskih mera, uz savet za provodjenje uobičajenih higijenskih mera, a bez posebne obrade.

2. Lica sa radioaktivnom kontaminacijom kose, odela i obuće do visine brzine doze zračenja od 0.12 nA/kg (200, uR/h) iznad fona na mestu merenja, vraćana su kućama ili na radno mesto, uz davanje detaljnog pismenog UPUTSTVA o merama samozaštite, samodekontaminacije, ponašanju u kući, uzimanju hrane, postupcima dekontaminacije ličnih stvari, odlaganju prtljaga i pojedinih predmeta (radi spontanog opadanja vezane radioaktivnosti).

3. Lica sa radioaktivnom kontaminacijom kose, odeće i obuće preko 0.012 nA/kg (200, uR/h) iznad fona na mestu merenja - odmah su upucivani u formirano

Odeljenje za dekontaminaciju radi provodjenja propisanog postupka licne dekontaminacije tela, neophodnog dopunskog medicinskog ispitivanja (vidi dalje). Svim tim licima uzimani su uzorci periferne krvi radi odredjivanja kompletne krvne slike (Er, L, Hgb, Hct, Ret, Tr, LF) i kompletног biohemizma krvi.

4. Lica sa znatno vecim stepenom spoljnje kontaminacije i sumnjiva na unutrašnju kontaminaciju, upucivana su posle dekontaminacije u Odeljenje medicinske zaštite INN "B. Kidrič" u Vinči, radi merenja ukupne radioaktivnosti tela i gama-spektrometrijske analize radioaktivnih čestica na i u telu, odeći, obući i u telesnim izlučevinama. U lica u kojih je gama-spektrometrijski nalaz, odnosno, stepen i vrsta otkrivenih radioizotopa ukazivao na moguce, verovatno postojanje unutrašnje kontaminacije - primana su u Kliniku za toksikologiju ili hematologiju VMA, gde su ispitivana od strane hematologa, toksikologa i specijalista za nuklearnu medicinu, a u skladu sa principima zbrinjavanja akutne radijacione bolesti (ARD).

SPROVOĐENJE POSTUPKA DEKONTAMINACIJE - Dekontaminacija tela vršena je pranjem pod tušem mlakom vodom, primenom sapuna i tečnog deterdženta "Akval"^R za kosu, najmanje 15 do 20 minuta, pri čemu je stepen površinske radioaktivnosti trebalo da pada na dozvoljeni nivo (ispod 0.003 nA/kg). Posebna pažnja obraćana je pranju kosmatih delova tela i noktima. Ukoliko pri prvom pranju radioaktivnost nije dovoljno opaia (posebno kose) pranje i tuširanje je ponavljanje nekoliko puta, doklegod merenjem nije utvrđen optimalan pad radioaktivnosti. Posle pranja vršena je pažljiva i detaljna kontrola zastale radioaktivnosti svih delova tela, primenom navedenih ručnih merača. Sva dekontaminovana lica oblačila su svoju "čistu" (nekontaminovanu) ili bolničku odeću i obuću, ili su, ukoliko je bilo neophodno dopunsko kliničko ispitivarje - primara u Hematološku ili Toksikološku kliniku VMA. Vidljive sluznice ispirane su 2.0 rastvorom sode bikarbune.

Postupak sa bolničkim rublјem i dekontaminacija prostorije i inventara - bolničko rublje (pidžame, ogrtači, mantili, čaršavi, peškiri) proveravani su na stepen kontaminacije, pa ukoliko je ova prelazila dozvoljenu granicu, stavljanje u plastične vreće od PVC, obeležene navedenim podacima i odlagano radi odležavanja u prethodno odredjene kontejnere spremišta INM, Bolničko rublje koje nije bilo značajnije kontaminovano, slano je u centralnu perionicu bolnice radi uobičajenog postu-

pka pranja. Sve površine prostorija, gde su se nalazila kontaminovana lica (ili sumnivi na kontaminaciju), njihov prtljag i predmeti, gde se kretalo medicinsko osoblje angažovano u zbrinjavanju (što znači, zidovi, pločice, sanitarni uredjaji, toaleti, kade, kvake na vratima, sedišta, stolice i dr) - posle dozimetrijske kontrole i pregleda, više puta su prane optimalni rastvorom Buratona^R, višekratno ispirane vodom, a potom završno proveravane meračima površinske radioaktivnosti. Podovi, stepeništa i prilazi prani su tečnim Zlatosan-Septom^R, a posle ponovljenog ispiranja vodom, sve površine oprane su dezinfekcionim sredstvom Polifenom^R. Posle toga je ponovo provedena završna radioološka dozimetrijska kontrola opranih površina.

Sva odeća, obuća, lični i drugi predmeti na kojima je merenjem utvrđena kontaminacija preko 0.14 nA/kg, zadržavana je i držana u obeleženim plastičnim PVC vrećama 30-40 i više dana u posebnim olovnim kontejnerima u spremištu INM VMA. Posle tog vremena svaki pojedinac pozivan je pismom ili telefonom u INM, plastične vreće otvarane su u prisustvu vlasnika, ponovo je vršena dozimetrijska kontrola svakog pojedinog predmeta i ukoliko je izmerena radioaktivnost bila dovoljno niska - predmeti i stvari vraćane su vlasniku.

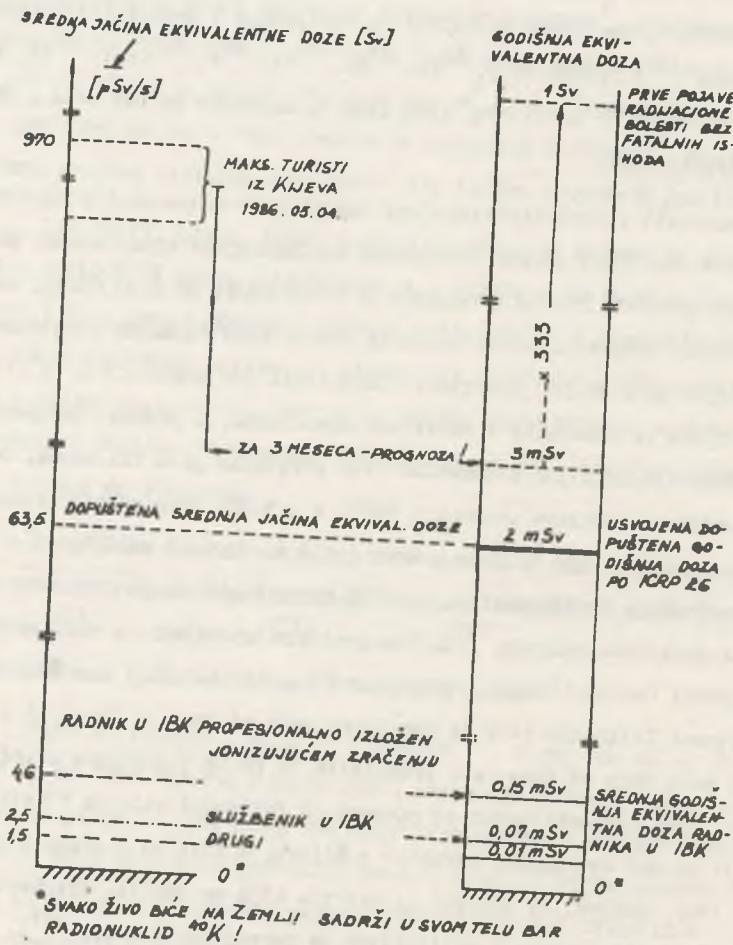
Unutrašnja kontaminacija kontrolisana je u svih dekontaminovanih osoba, merenjem radioaktivnosti nad štitastom žlezdom, primenom klasičnog aparata za merenje vezanog ¹³¹I u štitnjači (¹³¹I-Uptake Test), sakupljanjem ukupno izlučene mokraće i slanjem radi gaspektrometrijskog ispitivanja.

GRUPA ISPITANIKA I REZULTATI MERENJA - U periodu od 30.04 1986. u 06.05 sati do 03.05 1986. gdoine u 24.00 sati, ukupno je primljeno i pregledano 179 osoba. Od toga broja je 75 lica posle dozimetrijske kontrole vraćeno kućama, 104 lica podvrgнутa su detaljnjoj dekontaminaciji kose i tela, 21 osoba upućena je u INN "B. Kidrić" u Vinču, radi neophodnog merenja radioaktivnosti celog tela i sledećeg gaspektrometrijskog ispitivanja, dve osobe sa najvećim stepenom spoljnje kontaminacije primljene su u Kliniku za taksikologiju radi dopunskog ispitivanja. U periodu od 04.05 do 03.07 1986. godine u 14.00 sati, pregledano je još 247 osoba iz građanstva, kao i 137 vojnih osiguranika i pripadnika VMA (vojnih i građanskih lica i članova njihovih porodica, tako da je u VMA ukupno primljeno, ispitano, zbrinjato i dekontaminovano 563 osobe.

Izmerena brzina doze zračenja na telu kontaminovanih lica bila je od 3.58 pA/kg do 358.5 pA/kg, a osobe koje su imale stepen kontaminacije kose, odeće ili obuće preko 143.4 pA/kg (kojih je bilo 60) poivrgnuti su postupku dekontaminacije. Od 21 lica koje je upućeno u INM "B. Kidrič" u Vinči, radi gama-spektrometrijskog ispitivanja, u dve osobe utvrđena je spoljašnja i unutrašnja kontaminacija radionuklidima ^{131}I (preko 40), ^{60}Co , ^{24}Na , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{134}Cs i ^{137}Cs , koja je bila reda veličine od 28 do 35 MBq, zbog čega su zadržane po pet dana u VMA radi detaljnijeg ispitivanja.

Rezultati radiološko-kliničkog ispitivanja grupe od 179 kontaminiраниh ispitanika - Utvrđeni stepen površinske kontaminacije kose, odeće, obuće, prtljaga i drugih predmeta bio je u rasponu od 0.003 nA/kg do 0.30 nA/kg, odnosno, od 0.05 do 5.0 mR/h. Kompletna krvna slika sa leukocitnom formulom pregledana je u 198 osoba, od kojih je u 38.84 utvrđena limfocitoza (od preko $2.5 \times 10^9/\text{l}$), u dva ispitanika utvrđena je apsolutna i relativna monocitoza, u jednog limfopenija, a u drugog pancitopenija. Detaljan biohemizam krvi pregledan je u 125 osoba, od kojih je u 12,19 utvrđeno povećanje vrednosti SGPT, a u 5.02% pregledanih utvrđeno je blago povećanje koncentracije fosfora u krvi (od 1.45 do 1.69 mmol/l). U cilju provere moguće unutrašnje kontaminacije, kod 196 osoba ispitana je radioaktivnost štitaste žlezde na prisustvo vezanog ^{131}I . Tom prilikom utvrđena je radioaktivnost na nivou fona (osnovna radioaktivnost, "background") u 120 (61.22%) osob, u 48 (24.48%) lica radioaktivnost štitnjače bila je dvostruko veća od fona, u 12 (6.12.) ispitanika bila je 3-4 puta veća od fona, a u preostalih 16 (8.18.) gradjana utvrđena je pet i više puta veća radioaktivnost od osnovne. U toj grupi bilo je i šest studenata muzike, koji su već dve godine boravili u Kijevu, a bili su u gradu u periodu od 26.04 do 2.05 1986. godine, ne znajući za nesreću koja se desila. Izvršenim merenjem u INM u Vinči, štitaste žlezde, kvantitativno je određivan sadržaj ^{131}I , ^{90}Sr , ^{137}Cs u pojedinim delovima tela, ukupna beta- i alfa-radioaktivnost u izlučenoj mokraciji, kao i merenje ukupne gama radioaktivnosti tela (Whole Body Counter). U ispitanika koji je utvrđena unutrašnja kontaminacija, potvrđeno je postojanje radioizotopa joda, cezijusa (pojedinačna identifikacija radionuklida nije vršena), radioaktivnih izotopa produkata fisije (keo ukupna beta radioaktivnost) i ^{90}Sr i ^{239}Pu u mokraciji. Analiza nekoliko uzoraka mokraće na prisustvo alfa-radioaktivnosti dala je negativne rezultate.

tivan rezultat. Grafički prikaz odnosa dopuštene godišnje srednje jačine ekvivalentne doze (po ICRP 26) i srednje jačine ekvivalentne doze (u pSv/s), kada se javljaju prvi simptomi i znaci ARB, bez smrtnog ishoda, dat je na slici 1 (po Dj. Bek-Uzarevu i sar., 1986.).



S l i k a 1. — EKVIVALENTNE DOZE JONIZUJUĆIH ZRACENJA OD INTERNE KONTAMINACIJE CELOG ČOVEĆJEG TELA

Zbog sledstvene radiološke kontaminacije obradivih površina zemljišta, a time i trave, povrća, voća i vode, Radiološka laboratorija Odeljenja radicološke zaštite IMR ZZPM VMA od prvog dana sistematski je vršila dozimetrijsko ispitivanje i utvrđivanje stepena radiološke kontaminacije povrća, voća i mleka sa vojnih far-

mi i nekih gradjanskih poljoprivrednih dobara. Na osnovu tih nalaza, kao i kasnijih analiza drugih specijalizovanih ustanova u Beogradu i našoj zemlji, i aktuelnih preporuka Saveznog komiteta za rad, zdravlje i socijalnu zaštitu davana su povremeno potrebna uputstva o dozvoljenim normama (stepenima) radioaktivnosti životnih namernica i režimu zaštite stanovništva i pripadnika OS.

Z A K I L J U Č A K:

1. Ne raspolažeći ma kakvim informacijama o prirodi nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilju, stepenu i vrsti kontaminacije i broju ugroženih lica, u uslovima potpunog iznenadjenja, kada javna zdravstvena služba uopšte nije bila obaveštena niti angažovana - aktivirana je Ekipa za prihvat i zbrinjavanje kontaminovanih INM i IMR VMA, koja počinje sa radom, trijažom i zbrinjavanjem 35 minuta posle dobijanja informacije o dolasku autobusa sa kontaminovanim gradjanim-turistima u VMA.

2. Organizacija i provodjenje mera dozimetrijske kontrole, trijaže i dekontaminacije bilo je u skladu sa jedinstvenom ratnomedicinskom doktrinom SnS1 i RBH zaštite, kao i po normativnim stavovima Medjunarodne komisije za radiološku zaštitu.

3. Stepen spoljašnje i unutrašnje kontaminacije i sacržaj radioaktivnih izotopa, produkata fisije - sa medicinske tačke gledišta, nije predstavljao neposredan značajniji radijacioni rizik za kontaminovane osobe, jer ni kod jedne nisu utvrđeni bilo kakvi neposredni simptomi i znaci ARB ni unutrašnje kontaminacije.

4. Stepen spoljašnje i unutrašnje kontaminacije bio je promenljiv i nejednak, pri čemu je pokazivao direktnu saglasnost i uslovljenost sa mestom i dužinom boravka osobe u oblasti radioaktivnih padavina, uzimanjem hrane i vode, kao i udaljenošću od mesta nesreće, nuklearne elektrane.

5. Neblagovremeno organizovanje i stručno neinformisanje specijalizovanih sanitarnih i drugih službi na aerodromima i graničnim prelazima prvih dana - označevalo je neistovetan rad, značajnu pometnju, strah (paniku) i nečekajuće reagovanje određenog broja ugroženih građana.

6. Preduslov pouzdanog, efikasnog i blagovremenog zbrinjavanja većeg broja kontaminovanih i/ili ozračenih lica u Beogradu, ili u bilo kom delu naše zemlje, je: (1) rukovodjenje i organizacija zbrinjavanja iz jednog centra, (2) upoznavanje svih nadležnih rukovodećih organa, medicinskih i sanitarnih radnika, kontrolnih i pomoćnih službi (TO, CZ, CKJ i dr) sa osnovnim principima sistema zbrinjavanja (dijagnostičko-trijažnim normama ozračenja, sistemom i načinom zbrinjavanja i dekontaminacije, osobenostima evakuacije i načinom lečenja) sumnjivih na radiološku kontaminaciju i/ili postojanje ARB.

7. Smatramo neophodnim da se u svim republičkim medicinskim centrima (pri Medicinskim fakultetima, KBC i slično) formiraju, organizaciono postave, kadrovske i materijalne definišu CENTRI ZA ZBRINJAVANJE MASOVNO POVREDJENIH (kontaminovanih, ozračenih, trovanih i sl.). Tome treba da sledi neprekidna teorijska i praktična obuka, u jednom Nastavnom centru ABH zaštite, svog medicinskog i pomoćnog osoblja i rukovodećeg kadra predviđenog za rad u navedenim Centrima. Nastava bi obuhvatila sve praktične i teorijske aspekte zbrinjavanja masovno povredjenih, kontaminovanih, ozračenih, otrovanih i slično, primenom principa jedinstvene radnomedicinske doktrine u osobenim uslovima svake naše sredine u Jugoslaviji.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 08. - 11.06. 1987. godine

Milivojević K., Ubović Ž., Trajković M., Stojanović D., Stojanović P.M.

Institut za radiobiologiju i radijacionu medicinu

Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

BRZA DETEKCIJA INTERNE KONTAMINACIJE HUMANE POPULACIJE POSLE NUKLEARNE HAVARIJE U ČERNOBILJU

SAŽETAK - U radu je dat prikaz rezultata koji ukazuju na nivo interne kontaminacije Jugoslovena, koji su se neposredno posle havarije na reaktoru u Černobilju našli na teritoriji SSSR-a ili u susednim zemljama, kao i stanovnika Beograda sa okolinom. Vršena su direktna merenja ^{131}I nad štitastom žlezdom, a odredjivane su njegove količine i radiotoksikološkim analizama urina. /interna kontaminacija, ^{131}I ; humana populacija, havarija u Černobilju/

UVOD

Posle havarije nuklearnog reaktora u Černobilju, usled diseminacije radioaktivnog materijala u velikim razmerama, došlo je do različitih nivoa kontaminacije ljudi radionuklidima, usled raznovrsnih načina unošenja kontaminanata u organizam, a u zavisnosti od teritorije na kojoj su boravili i od meteroloških uslova u to vreme. Institutu za radiobiologiju i radijacionu medicinu Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči počev od 30. aprila i tokom maja 1986. godine javilo se na pregled 400 lica. Pregled je obuhvatio: radiometrijsko utvrđivanje spoljašnje kontaminacije, merenje radioaktivnosti nad štitastom žlezdom, merenje ukupne radioaktivnosti tela i radiotoksikološke analize urina, uz opšti klinički pregled sa hematološkim i biohemijskim analizama. Kod utvrđenih spoljašnjih kontaminacija izvedena je adekvatna spoljašnja dekontaminacija.

U radu se prikazuje deo rezultata obavljenog medicinskog nadzora, a koji se odnose na kontamanciju radiojomodom. Pokazalo se da direktno merenje ^{131}I nad štitastom žlezdom ili njegovo indirektno odredjivanje iz porcije urina predstavljaju dobar prilaz za brzu procenu nivoa interne kontaminacije.

POSTUPCI I METODE

Direktno merenje ^{131}I u štitastoј žlezdi osoba vršeno je na scintilacionom brojačkom uređaju sa $\text{NaI}(\text{Tl})$ kristalu dimenzija $3'' \times 3''$, improvizovanom za merenja štitaste žlezde, čiji je energetski prozor postavljen za

detekciju samo radionuklida ^{131}I . Merenja su vršena tako da je kristal scintilacionog brojača, bez posebne kolimacije, postavljen ispitniku naspram štitaste žlezde, pa su tako merene brzine brojanja u svim slučajevima višestrukim odbrojem na predodredjeno vreme merenja.

Jednokratni uzorci urina obradjivani su analitičkim postupkom na radioaktivne izotope joda, na principu jonoizmenjivačke izmene radioaktivnog joda sa neaktivnim jonom joda, na srebrojodidnoj azbestnoj podlozi, a mereni su na Nal (Tl) kristalu sa jamom, dimenzije 3"x3".

Sve vrednosti dobijene direktnim merenjem i analitičkim postupkom obračunavane su na početnu aktivnost Ao (Bq) i dalje teorijski obradjivane pomoću ekstrapolacionih funkcija za ekskreciju i retenciju prema preporukama ICRP-a /1,2,3/.

REZULTATI I DISKUSIJA

Svi Jugosloveni koji su podvrgnuti medicinskom nadzoru u Institutu "Boris Kidrič", svrstani su u nekoliko populacionih grupa, a prema teritoriji na kojoj su se zatekli krajem aprila i prvih dana maja, kao i prema trajanju boravka.

Prikazane vrednosti na Tabeli I predstavljaju granične vrednosti nadjenog sadržaja ^{131}I u štitastoj žlezdi i u celom telu.

Na osnovu detektovanih nivoa kod ispitane populacije Jugoslovena mogu se izvesti sledeće konstatacije:

- Najveće vrednosti za ^{131}I nadjene su kod grupe radnika koja je bila u Žlobinu posle havarije i gde je dominirala kontaminacija radioaktivnom prašinom.
- Približno iste vrednosti za ^{131}I imali su naši turisti koji su boravili u Kijevu 30.04. i 01.05.1986. godine, kao i studenti koji su bili na školovanju u Kijevu, a mereni su po povratku u Jugoslaviju.
- Turisti koji su bili u Moskvi i Lenjingradu imali su daleko manje vrednosti, približno kao i Beogradjani. Veće vrednosti nadjene su kod Beogradjana koji su pokisli za vreme prvomajskih praznika.

Već prvih dana pri ispitivanju kontaminirane populacije identifikovani su gamaspektrometrijskim analizama sledeći radioizotopi /1/: ^{103}Ru , ^{131}I , ^{132}I - ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba - ^{140}La , ^{60}Co , ^{144}Ce , ^{90}Sr - ^{90}Y i prirodni izotop ^{40}K . Iz odnosa utvrđenih nivoa aktivnosti ^{131}I prema ostalim radionuklidima, pokazalo se da je ^{131}I zastupljen sa oko 20% u ukupnoj telesnoj radioaktivnosti. Poznavanje zastupljenosti ^{131}I u ukupnoj radioaktivnosti tela omogućilo je da se izvrši gruba procena nivoa interne kontaminacije. Isto tako, komparativnim analizama /1/ utvrđeno

Tabela I

Sadržaj ^{131}I u štitastoj žlezdi i u celom telu

Populacija Jugoslovena	Broj osoba	Sadržaj ^{131}I u štitastoj žlezdi (Ao u kBq)	Sadržaj ^{131}I u celom telu (Ao u kBq)
Radnici u Žlobinu	42	7 - 71	23 - 237
Turisti u Kijevu	149	3,9 - 39	12 - 129
Studenti u Kijevu	8	13 - 47	43 - 153
Turisti u Poljskoj	46	0,53 - 2,8	1,7 - 9
Turisti u Austriji	6	0 - 2,8	0 - 9
Turisti u Moskvi i Lenjingradu	67	0 - 1,7	0 - 5,7
Beogradjani	72	0 - 1,2	0 - 3,9
Turisti u Čehoslovačkoj	6	0 - 0,87	0 - 2,9
Turisti u Rumuniji	2	0,66 - 0,71	2,2 - 2,3
Turisti u Nemačkoj	2	0,19 - 0,28	0,6 - 0,9

je izvanredno slaganje rezultata merenja ^{131}I opisanim postupcima u ovom radu sa vrednostima iz gamaspektrometrijskog određivanja radionuklida u 24 h-om urinu i sa direktnim merenjima celog tela (u granicama $\pm 20\%$).

Jednostavnost primene, zadovoljavajuća pouzdanost i kratkoća vremena za koje se dolazi do rezultata, ukazuju da se opisane metode u ovom radu mogu koristiti u brzoj dijagnostici interne kontaminacije, naročito u slučaju kontamiancije masovnijih razmara.

FAST DETECTION OF INTERNAL CONTAMINATION HUMAN POPULATION AFTER THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

SUMMARY - In the paper are given results concerning the internal contamination of the individuals which during the Chernobyl accident were in Soviet Union or in the neighbouring countries, as well the individuals which at that time were in Belgrade in the vicinity.

Direct measurements of ^{131}I in the thyroid were done. Also, the quality of ^{131}I were determined in urine by using radiotoxicological analyses.

LITERATURA

1. Ubović Ž., Milivojeivć K., Bek-Uzarov Dj. i sar., Mogućnost primene radiotoksikoloških procedura u vanrednim situacijama. U: Savetovanje JDZZ "Izlaganje zračenju iz prirodne sredine i procena odgovarajućeg rizika", Kragujevac, 1986. god. (u štampi).
2. Evaluation of Radiation Doses to Body Tissue from Internal Contamination due to Occupational, ICRP Publication 10, IAEA, Vienna, 1967.
3. The Assessment of Internal Contamination Resulting from Reccurrent or Prolonged Uptakes, ICRP Publication 10A, IAEA, Vienna, 1967.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 08. - 11.06.1987.godine

Stojanović D., Miličević K., Marković S., Tlaočiljević S.

Institut za radobiologiju i radijaciju medicinu i Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

EKSTERNA HUMANA DEKONTAMINACIJA - NAŠA ISKUSTVA POSLE ČERNOBILJSKOG AKCIDENTA

SAŽETAK

U radu se prezentiraju podaci iz R-dekontaminacije koje je dobila ekipa u toku pregleda radnika GK KOMGRAP na gradilištu Mikord u Žlobinu (Belorusija) koje se nalazi oko 160 km. severno od Černobilja, kao i rezultati izvedene dekontaminacije u Vinči po povratku radnika iz Žlobina. Razmatraju se i osnovni principi kojih se pridržavalo u toku sprovođenja tretmana, stavovi i iskustva u vezi profilaktičke primene tireo-supresivnih sredstva, a radi uvida o sprovodenju kompletog medicinskog nadzora navode se ostale mere i elementi dijagnostike i procene radijacijono-kontaminacionog rizika u datim uslovima.

UVOD

Nekoliko dana posle nesreće na reaktoru u Černobilju, ekipa Instituta "Boris Kidrič" u Vinči i jedan lekar iz zdravstvene službe Komgrapa otputovali su na zahtev rukovodstva Komgrapa u Žlobin. Od 8-12. maja 1986. godine pregledano je 541 lice, od toga 523 radnika Komgrapa, a ostali su bili članovi njihovih porodica.

Gradilište Metalurškog kombinata u Žlobinu (Belorusija) čiji je glavni izvodjač radova austrijska firma Voest-Alpine AG, nalazi se oko 160 km severno od Černobilja, mesto udesa na reaktoru. Nakon prvih mera na različitim tačkama radnog prostora, mestima stanovanja i prebivališta jasno je bilo da je mnogo manji rizik bio od spoljašnjeg ozračivanja (registrovani nivoi su ispod vrednosti koje mogu da predstavljaju poseb-

nu opasnost za zdravlje) u odnosu na mogućnost spoljašnje i unutrašnje kontaminacije različitim putevima. Iz tih razloga odmah je uradjeno praktično uputstvo o ponašanju za vreme trajanja kontaminacije na gradilištu MIKORD-Žlobin. Ono je obuhvatala ponašanje u toku rada i ponašanje u kampu i u slobodnom vremenu.

U toku maja pregledano je 52 radnika u Institutu "Boris Kidrič"- Vinča, a utvrđena je kontaminacija kože i kose kod 20 lica. Dekontaminacioni tretman je izведен kod 12 radnika u Bloku za humanu dekontaminaciju. Postignut efekat je bio kod svih radnika potpun, jer je uklonjena radioaktivnost do fona.

TRETMAN I METODE

U terenskim uslovima improvizovan je sanitarni propusnik sa aspekta utvrđivanja radioaktivne kontaminacije ^{te} odeće, obuće i otkrivenih delova tela. Korišćena su dva instrumenta KOMO-TN, praskač, a nivoi prisutne kontaminacije su upisivani u specijalne formulare. Potom je preduziman dekontaminacioni tretman pre obavljanja daljeg medicinskog nadzora čiji je osnovni cilj bio utvrđivanje pojedinih zdravstvenih kontraindikacija za dalji boravak u zoni povišenog radijacionog fona.

Dekontaminacioni postupak na terenu je izvodjen pomoću površinsko-aktivnih materija sovjetske proizvodnje (u vidu rastvora i pasta), medicinskog sapuna, a uz korišćenje i drugih sredstava za uklanjanje epiderma. Za sprovođenje dekontaminacije u Vinči korišćene su površinsko-aktivne materije domaće proizvodnje i rastvor limunske kiseline, kao i druga sredstva koja se koriste u specijalnom Bloku za humanu dekontaminaciju.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na Tabeli I. je dat prikaz najizloženijih profesionalnih grupa radnika Komgrapa na gradilištu u Žlobinu.

Tabela 1. Efekat spoljašnje dekontaminacije

Zanimanje (broj lica)	Regija	Broj lica i nivoi kontaminacije			Efikasnost dekontaminacije (%)
		niska (10 i/s)	srednja (100 i/s)	visoka (100 i/s)	
Tesari (161)	Šake	11	42	5	100
	Kosa	9	16	4	100
	Telo	2	1	1	100
Admirači (110)	Kosa	1	8	3	100
	Šake	4	6	1	100
	Telo	-	1	-	100
Zidari (100)	Šake	10	7	1	100
	Kosa	1	4	1	100
	Telo	-	1	-	100

Na osnovu izvršenih radiometrijskih merenja i izvedene dekontaminacije, moguće je izvesti sledeće konstatacije:

1. Kod 468 radnika u Žlobinu je utvrđena kontaminacija odeće, što znači kod oko 90% pregledanih lica.
2. Kontaminacija radioaktivnom prašinom na šakama je utvrđena kod 107 lica, što iznosi oko 20% pregledanih radnika.
3. Kontaminacija kose je utvrđena kod više od 10% pregledanih (58 lica).
4. Znaci kontaminacije na telu su registrovani kod oko 2% pregledanih lica.
5. Izvedena dekontaminacija je bila efikasna i uspešna kod svih kontaminiranih lica, jer je uključena radioaktivnost uslovila da su se naredne detekcije kretale na nivou fona.
6. Kod dece radnika je registrovana visoka kontaminacija obuće, srednje vrednosti na odeći i niski nivoi na šakama.
7. Najveći broj kontaminacije utvrđen je kod tesara. Iz ove profesionalne grupe kod 16 lica su utvrđene srednje, a kod četiri lica visoke merne vrednosti kada je u pitanju kosa, a veliki broj kontaminacije je utvrđen

I na šakama što znači da nisu dovoljno korišćene rukavice kao zaštitno sredstvo.

8. U toku pregleda radnika je ordiniran jednokratno III višestruko preparat joda kao tireosupresivno sredstvo. Indikacija za davanje preparata proizlazila je iz svakodnevne mogućnosti rekontaminacije različitim putevima. Od davanja su izuzeti deca i mlađe žene.
9. U Vinči od pregledana 52 radnika u toku maja meseca utvrđena je kontaminacija kože i kose kod 20 lica iz istih profesionalnih grupa koji su prikazani na tabeli, a u specijalnom Bloku za humanu dekontaminaciju izvedena je dekontaminacija kod 12 lica. Efekat dekontaminacije je bio potpun, jer je uklonjena radioaktivnost do fona.

EXTERNAL HUMAN DECONTAMINATION - OURS EXPERIENCE AFTER CHERNOBYL ACCIDENT

Summary - The paper presents the obtained results concerning medical supervision of workers building plant Komgrap on construction site Mi-cord-Žlobin. The effects of decontamination on 520 Yugoslav workers contained due to the Chernobyl accident are analysed.

LITERATURA

1. Stojanović D., Humana dekontaminacija, Seminar JDZZ: Zdravstveni i dozimetrijski nadzor osoba zaposlenih u zoni ionizirajućih zračenja, Stubičke Toplice, 1986.
2. Iljin L., Osnovi zaštiti organizma ot vozdeistvija radioaktivnih veščestv, Atomizdat, Moskva, 1977.

PRIKAZ NEKIH ELEMENATA ZDRAVSTVENOG STANJA PREGLEDANIH TURISTA NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU

Čremošnik Pajić P, Savić M, Pece R, Strugar J.
Medicinski fakultet Novi Sad, Institut za zdravstvenu
zaštitu, Zavod za medicinu rada

Uvod

Prilikom akcidenta na nuklearnom reaktoru Lenin u Černobilu 26. aprila 1986. godine došlo je do ozračivanja stanovništva većeg dela Azije i Evrope i drugih delova zemlje, različitog intenziteta u zavisnosti od mnogobrojnih faktora koji su uticali na intenzitet kontaminacije odredjenog područja. Mesta bliže epicentru dogadjaja bila su kontaminirani. Naši građani koji su prvomajske praznike proveli na turističkom putovanju u SSSR i drugim zemljama zbog zabrinutosti za svoje zdravlje i zdravlje potomstva su se javili na pregled u naš Zavod. Cilj našeg rada je bio da izložimo rezultate izvršenih pregleda ove grupe.

Metod rada

U Zavodu za medicinu rada Instituta za zdravstvenu zaštitu je u vreme od 5. maja 1986. god. dalje pregledano 49 osoba, 30 turista koji su u periodu nakon akcidenta boravili na turističkom putovanju u Sovjetskom Savezu u Kijevu i Moskvi, 4 u Češkoj, 1 u Poljskoj, 2 u Madjarskoj, 12 na Fruškoj goři, Bosni i drugim mestima u Vojvodini.

Prilikom dolaska u Institut izvršena je kontrola zdravstvenog stanja. Uzeta je detaljna anamneza sa posebnim osvrtom na epidemiološke činjenice, klinički pregled i laboratorijske analize (broj eritrocita, leukocita, diferencijalna krvna slika, hemoglobin, trombociti, binuklearni limfociti). U jednog broju lica obavljena je i analiza urina na radioaktivni jod i scintigrafsko ispitivanje aktivnosti radioaktivnog joda iznad štitne žlezde u Institutu za nuklearnu medicinu Medicinskog

fakulteta u Novom Sadu i analiza hromozomskih aberacija kod 1 žene u Institutu za medicinu rada i Radiološku zaštitu Dr Dragomir Karajović u Beogradu. Obavljeni su kontrolni pregledi kod svih nakon 10 dana kada su praćeni elementi subjektivnog osećanja, broja eritrocita, Hgb, leukocita, diferencijalne krvne slike i trombocita. U manjeg broja istih obavljene su kontrole više puta u zavisnosti od nalaza navedenih elemenata pregleda.

Rezultati rada

Ukupno se javilo na pregled 49 osoba, a nalaze imamo za 39 osoba. Od toga 15 muškaraca, 24 žene, u starosti od 20-49 godina, prosek starosti 29,9 godina, različitim zanimanjima, najviše studenata. Medju njima je bilo i dvoje dece. Pri prvom pregledu je od subjektivnih tegoba bio prisutan strah od toga da su ozračeni, kao i simptomi opšte slabosti, glavobolja, vrtoglavice, nesanice, blaga mučnina... Pri kontrolnom pregledu je bio prisutan strah za buduće pokoljenje. Od objektivnih nalaza: u kliničkom nalazu nije bilo odstupanja od fiziološkog.

U laboratorijskim nalazima: broj eritrocita je bio manji od 3,8 -Tí kod tri žene ili u 7,6% ukupno analiziranih, broj leukocita ispod 4,0 G/l nadjen je kod 1 žene; limfociti ispod 20% kod 2 muškarca odnosno u 5% pregledanih, iznad 45% kod 5 muškaraca i 4 žene ili u 23% pregledanih, a smanjen broj trombocita ispod 150 G/l kod 1 muškarca i 3 žene ili u 10% pregledanih. Binuklearni limfociti nisu nadjeni. Scintigrafski nalaz kontrole 131 I iznad štitaste žlezde nije pokazao povećanu aktivnost ni u jednom slučaju. Nalaz radioaktivnog joda u urinu je bio negativan.

Prilikom kontrolnih pregleda krvi kod dve studentkinje nadjeno je smanjenje broja eritrocita i trombocita u odnosu na nalaz kod prvog pregleda. Kod 1 se pad broja trombocita nastavljao tako da je došlo do vrednosti ispod 100 G/l. U nalazu hromosomskih aberacija kod iste osobe nije bilo većih odstupanja.

Diskusija

Teško je reći kolika je bila doza jonizujućeg zračenja kojoj je grupa turista bila eksponirana, i da li je i koliki je uticaj imala komitmentna primljena doza jonizujućeg zračenja na nadjene promene u krvnoj slici. Poznato je da su limfociti najosetljiviji element krvi koji nakon akutnog izlaganja jonizujućim zračenjima reaguju smanjenjem broja. U našem uzorku je međutim bilo smanjenje broja istih samo u jednom slučaju. Imali smo smanjenje broja eritrocita. No, eritrociti su u perifernoj krvi rezistentniji od limfocita. Među mnoštvom uzroka za smanjenje broja eritrocita u krvi izloženost jonizujućim zračenjima je samo jedan. Dali je ono doprinelo istom teško je reći, naročito zbog toga što nismo raspolagali sa nalazima krvne slike u ranijem periodu a svi su oni bili izloženi udruženom dejstvu jonizujućeg zračenja i radionuklida koji se u organizmu ne rasporedjuju odmah svi ravnomerno po celom organizmu. Interesantno je bilo napredovanje smanjenja broja trombocita od 180 G/l pri prvom preko 120 G/l na 80 G/l pri narednim pregledima, a koje se nakon 3 meseca zaustavilo bez preduzimanja specifične terapije.

Obzirom da nije bilo uznemiravajućih nalaza pregledanima je objašnjeno da nema opasnosti od akutnog oštećenja zdravlja. Dat je savet da se ponašaju u skladu sa važećim opštim uputstvima i preporukama što se tiče konzumiranja svežeg voća, povrća i drugih namirnica, kao i u pogledu uzimanja lekova u preventivne svrhe.

Zaključak

Na osnovu sprovedenog ispitivanja može se reći da nismo raspolagali sa podacima o ranijim nalazima, a odstupanja u: nalazima laboratorijskih analiza krvnih elemenata nisu strogo specifična, pa se ne može tvrditi da su nadjena odstupanja direktna posledica izloženosti povećanoj dozi jonizujućeg zračenja. Spe-

cifičnim analizama urina i nalazom iznad tireoide je nije potvrđeno povećano prisustvo 131 joda, dok prisustvo drugih radionuklida nije moglo biti ispitano. Smanjenje broja trombocita sa kasnjim padom i naknadnim oporavkom bez specifične terapije nije karakteristično ali može biti zanimljivo.

Zbog pojave eventualnih kasnih posledica ili genetskih efekata bit će interesantno i za nauku korisno pratiti ovu grupu lica kroz duži vremenski period i kroz generacije.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM ON PROTECTION AGAINST RADIATION
Novi Sad, June 8-11, 1987.

SOME HEALTH STATUS ELEMENTS IN EXAMINED TOURISTS AFTER THE ACCIDENT IN CHERNOBYL

Čremošnik-Pajić P, Savić M, Pece R, Strugar J.
Medical Faculty of Novi Sad, Institute of Public Health, Department of Occupational Medicine

A b s t r a c t

The authors examined the group of 49 tourists who had visited USSR or other countries at the time of the accident on the nuclear reactor in Chernobyl. The examination revealed many subjective discomforts and the fear of being irradiated, though no one was found to have radioactive iodine above the thyroid gland or in urine or any other specific change characteristic of somatic disorders induced by the exposure to ionizing radiation. Erythrocyte count was lower in 3 women, lymphocyte count decreased below 20% in 2 and increased above 45% in 3 examined subjects. At the first examination thrombocyte count was lower in four cases, with further drop in the following period, whereas it got normalized 3 months later but without any specific therapy in one case.

The authors emphasize the necessity to follow up this group of people for a considerable period of time.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAĆENJA

Novi Sad, 8-11 juni

INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADILOŠKU ZAŠTITU
"Dr Dragomir Karajović"

PRIKAZ NEKIH ELEMENTATA ZDRAVSTVENOG STANJA IZLOŽENIH
GRUPA U VEZI ČERNOBILJSKOG AKCIDENTA

S.Milačić, S.Dodić, G.Joksić, Ž.Tasić

U vezi sa akcidentom iz 1986. god. na reaktoru - Černobilj, u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" obavljena je kontrola zdravstvenog stanja osoba koje su u to vreme bora-vile u Kijevu /20 turista - T/ i koje su radile u Zlobinu /20 radnika - R/. Udaljenost od Černobilja za Kijev iznosi 140 km., a za Zlobin 160 km. Ispitivanja su obavljena od 30. aprila do kraja maja 1986. godine.

Tabela 1.

Pregled najčešćih subjektivnih tegoba ispitanika

Subjektivni znaci	N	%
Osećanje straha	38	95,0
Glavobolja	29	72,5
Treperenje pred očima	21	52,5
Pečkanje i svrab po koži	11	27,5

Objektivni nalaz kod svih ispitanika koji su se javili našoj Ustanovi počev od 30.04.1986. godine i tokom maja meseca bio je u fizio-loškim granicama.

Tabela 2.

Broj ispitanika sa hematološkim poremećajima

Izložene grupe	N	Er $3,8 \times 10^{12}/l$	Rtc 0,5%	Le $4,5 \times 10^9/l$	Le $9,0 \times 10^9/l$	N 50%	Ly 25%	Ly -0
T	20	45%	20%	15%	-	5%	10%	-
R	20	10%	25%	5%	10%	10%	15%	15%

Broj trombocita je u svih ispitanika bio u granicama normale.

Tabela 3.

Pregled prosječnih vrednosti uobičenih elemenata krvi

Analizirane grupe	Er	Le	Tr	RTC	Ly	N
	srednje vrednosti \pm standardne devijacije / $x \pm SD$ /					
T /n=20/	$3,85 \pm 0,40$ v=10,4%	$6,21 \pm 1,83$ v=21,5%	$315,0 \pm 68,3$ v=21,7%	$0,89 \pm 0,39$ v=44,8%	$0,34 \pm 0,05$ v=14,7%	$0,61 \pm 0,06$ v=9,8%
R /n=20/	$4,32 \pm 0,52$ v=12,0%	$6,41 \pm 2,17$ v=33,9%	$349,5 \pm 63,2$ v=18,1%	$0,73 \pm 0,46$ v=63,8%	$0,33 \pm 0,08$ v=24,2%	$0,62 \pm 0,09$ v=14,5%
t - test	3,20; 0,005	0,31; NS	1,65; NS	1,04; NS	0,50; NS	0,41; NS

Srednje vrednosti čelijskih elemenata periferne krvi su u granicama normalnih. Prosječna vrednost eritrocita u radnika /R/ je statistički signifikantno viša u poređenju sa turistima /T/, što se može objasniti time što su svi ispitanici prve grupe muškog pola. Za sve ostale pokazatelje, konstatovane razlike u srednjim vrednostima između nomenutih grupa ispitanika nisu i statistički značajne.

Ispitivanje alkalne fosfataze u granulocitima semikvantitativnom metodom po Kaplow nije ukazalo na odstupanje od normalne aktivnosti, sa srednjom vrednošću skora 52.

Tabela 4.

Pregled učestalosti hromozomskih aberacija

Izložena grupa	Ukupno analizirani	Sa aberacijama		Ukupno analizirani	Sa aberacijama	
		N	%		N	%
	maj - juni				oktobar - novembar	
T	15	8	53	6	6	100
R	16	-	-	3	3	100

Neposredno posle akcidenta povećana učestalost hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi turista nadjena je u 53% ispitanika. U radnika iz Zlobina nije bilo aberacija.

Nakon 5-6 meseci u ponovljenim uzorcima aberacije su se pojavile i u ovih ispitanika koji su se posle prvog pregleda u maju vratili na rad u Zlobin. Zbog toga je ova pojava shvaćena kao posledica naknadne interne kontaminacije radionuklidima.

U Laboratoriji za primenu radionuklida u medicini Institut za radiologiju i onkologiju vršeno je određivanje aktivnosti ^{131}J u nivou tireoidne žlezde. Dobivene vrednosti su bile na nivou fona.

Merenje aktivnosti ^{131}J i ^{125}J u urinu turista iz Kijeva u 5 od 12 urina nadjene su lako povećane vrednosti.

U Laboratoriji za radiacionu higijenu Veterinarskog fakulteta u Beogradu izvršena je gammasketrometrijska analiza urina kod 4 radnika i turista i 3 uzoraka fecesa. Nadjene vrednosti se kreću od 8,2 do 77 Bq/l , ^{131}J ; $1,75-6,2 \text{ Bq/l}$ ^{137}Cs i $6,3-53,8 \text{ Bq/l}$ ^{103}Ru , a u fecesu 134 do 860, 115-270 i 429-1740 Bq/kg .

Z A K L J U Č A K

Subjektivne tegobe ispitanika, među kojima dominiraju anksioznost, glavobolja, treperenje pred očima, pečkanje i svrab po koži, najverovatnije su posledica psihogene superpozicije. Fizičkim pregledom nisu nadjene organske promene koje bi se mogle vezati za učinke ionizujućih zračenja.

Utvrđene leukocitopenije, limfocitopenije i anemija ispitanika ne zasad ne mogu povezati sa dejstvom ionizujućih zračenja, pošto nije poznat antecedentni hematološki status ispitanika niti je bilo mogućnosti za diferencijalnu dijagnostiku u odnosu na simptomatake hemopatije.

Aktivnosti nekih radionuklida u biološkom materijalu govore za pojačanu internu kontaminaciju organizma turista i radnika koji su u kritičnom vremenskom periodu boravili u Kijevu i Zlobinu.

Povišena učestalost hromozomskih aberacija limfocita periferne krvi upućuje na ideju o mogućim učincima interne kontaminacije odnosno ionizujućeg zračenja na genetskom materijalu celularnog odnosno subcelularnog nivoa.

Mišljenja smo, da je u daljoj budućnosti neophodno kontinuirano praćenje celokupnog zdravstvenog stanja ovih osoba, eliminacije radionuklida ekskretima i hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi.

MERITVE IN VIVO I-131 V ČLOVEŠKI ŠČITNICI

D.Brajnik, M.Korun, R.Martinčič, B.Pucelj
Institut "Jožef Stefan", Univerza E.Kardelja v Ljubljani

UVOD

Aktivnost I-131 v človeški ščitnici smo merili s polvodniškim detektorjem z občutljivo prostornino približno 30 cm^3 . Meritve so bile opravljene in vivo. Detektor je bil kalibriran na geometrijo, ki predstavlja človeško ščitnico z diskastim vzorcem oremera 5 cm in debeline 1 cm na razdalji 1.5 cm od detektorja, v njegovi osi. Aktivnost ščitnice smo merili s hitrostjo štetja v črti z energijo 364 keV. Ozadje pri tej črti je bilo okrog 10. maja približno 0.5 sunkov na sekundo, in je v naslednjih dneh padačo. To smo uvoščevali pri računu aktivnosti. Detekcijsk meja je bila okrog 5 Bq pri nekajminutnih meritvah. Ponovljivost rezultatov je bila primerljiva s statistično nagnko, natančnost absolutne umeritve pa ocenjujemo na 30 %.

REZULTATI

Ned 10.5. in 2.6. 1986 smo pregledali 322 odraslih oseb in 27 otrok. Večina oseb je začetek maja oreživala v Ljubljani in okolici, med ostalimi pa sta bili dve skupini turistov, ki so prvomajske dni preživeli v Kijevu, 6 oseb, ki so bili prve dni maja v Negotinu in ena, ki je bila tedaj na Kosovu. Rezultate navajamo v tabeli 1, na sliki 1 pa časovni potek merjenih vrednosti.

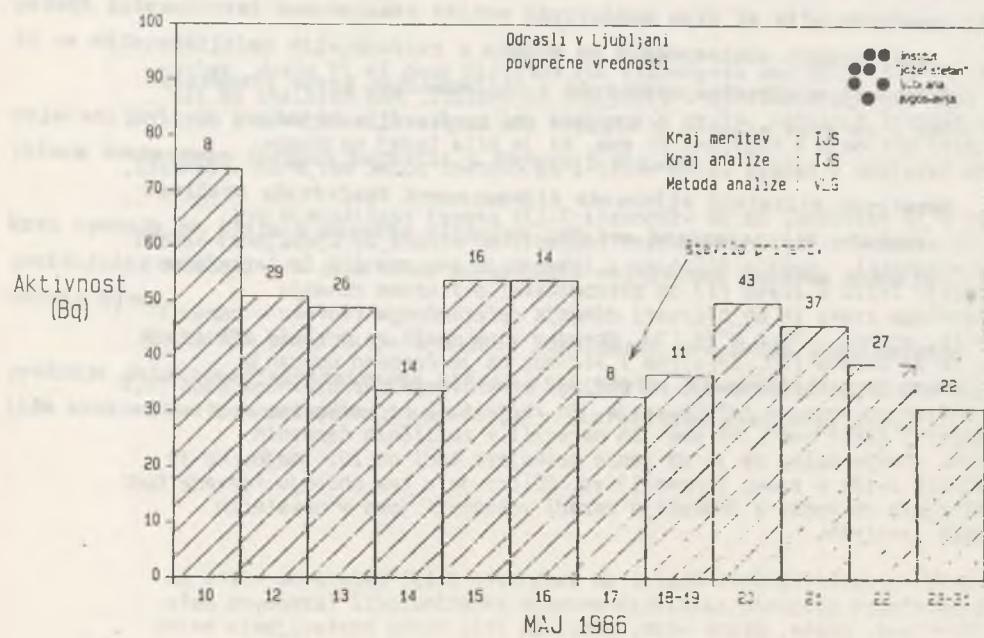
Iz tabele 1 je razvidno, da se vsebnosti I-131 orej razlikujejo pri oosemznih skupinah. Prvi dve skupini (odrasi in otroci iz Ljubljane) kažejo najnižje vrednosti. Vnos v ščitnico z inhalacijo smo ocenili iz integralne koncentracije I-131 v zraku (1) ob predoostavki o 8 urnem dihanju kontaminiranega zraka in ob bitrosti dihanja referenčnega človeka - odrasi $2,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, otroci $1,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (2). Ocjenjen vnos znaša za odrasle 200 Bq na ščitnico in za otroka 130. Iz slike 1 vidimo, da je časovno uočadanje cožasnejše kot bi ga očekovali na podlagi efektivnega razpolovnega časa (7,6 dni) ob enkratnem vnosu v začetku maja. To velja tudi za večkratne meritve I-131 v ščitnici istih oseb, ki smo jih naredili v različnih časovnih intervalih. Oboje kažejo, da je do vnosa orihajalo tudi po 10. maju, ko je bila vsebnost I-131 v zraku zanemarljiva. Čeprav je v tem obdobju (sevec tudi orej) orihajalo do vnosa z ingestijo zaradi vsebnosti joda v nekaterih prehranskih izdelkih.

Kljub znaten kontaminiranosti okolja so vsebnosti I-131 relativno nizke in spodbujajo uspešnost uvedenih zaščitnih ukrefov in orisoročil (prepoved vošč, razdej zelenjavje, mleka, oitne vode, mesa) in zelo nizko postavljenim mejam vrednosti živil (I-131 v mleku - 100 Bq/l).

Tabela 1: Pregled vsebnosti I-131 v ščitnici

Skupina	: število	: A(Bq)	: Razpon A(Bq):	Datum
odrasli-Ljubljana	: 255	: 46 ± 26	: 4 - 153	: 10.5.-2.6.
otroci -Ljubljana	: 27	: 51 ± 27	: 11 - 128	: 10.5.-2.6.
odrasli-Negotin	: 6	: 700 ± 830	: 90 - 2520	: 16.5
odrasel-Kosovo	: 1	: 875	:	: 21.5.
turisti-Kijev (27.-29.4.)	: 45	: 138 ± 50	: 62 - 306	: 10.5.
turisti-Kijev (30.4.-1.5.)	: 15	: 978 ± 362	: 305 - 1650	: 8.5.

Pri skupini, ki je bila v začetku maja v Negotinu in osebi, ki je bila tedaj na Kosovem, so vsebnosti I-131 v ščitnici višje. Pri osebi z najvišjo vrednostjo smo s časovnim zasledovanjem aktivnosti ugotovili, da je do vnosa prišlo v začetku maja, saj je aktivnost padala v skladu z efektivnim razpololovnim časom 7,6 dni. Velikost aktivnosti in pa znaten razpon pri isti skupini pa kažeta na to, da je do vnosa prišlo v glavnem z ingestijo.



Sl. 1: Časovni potek aktivnosti I-131 v ščitnici odraslih (Ljubljana)

Po aktivnosti I-131 pa izstopata tudi obe skupini turistov. Ena se je zadrževala v Kijevu od 27. do 29.4.1986, druga pa 30.4. in 1.5. Verjetno je prišlo do vnosa v glavnem z inhalacijo, saj so pri večini oseb vsake skupine aktivnosti mnogo bolj izenačene kot pri ostalih. Dejstvo, da je pri drugi skupini vsebnost okrog 7 krat višja kot pri prvi, je konsistentno s sovjetskimi podatki, po katerih je do odlaganja radioaktivnih izotopov v Kijevu začelo prihajati 28.4., medtem ko je bil največji depozit med 30.4. in 3.5. (3). Iz merjene aktivnosti I-131 v ščitnici pri drugi skupini smo ocenili povprečno vsebnost J-131 v zraku v Kijevu dne 30.4. in 1.5.1986 ob predpostavki o 12 urnem zadrževanju na prostem. Ocena da 260 Bq/m³, kar je približno 10 krat več od maksimalne koncentracije v Ljubljani.

Pri osebi z maksimalno vsebnostjo I-131 v ščitnici smo opravili tudi natančnejšo meritev. V spektru so bili vidni še sledeči izotopi: I-132, Te-132, Ru-103, Cs-134 in Cs-137. Izotop I-132 nastaja ob rapadu v telo vnešenega Te-132 in se ga približno 30% kopiči v ščitnici. Merjena vrednost I-132 v ščitnici je znašala približno 7% vsebnosti I-131. Izotop Te-132 se odlaga v kosti in ostala tkiva, cezijevi izotopi enakomerno po celiem telesu. Razmerje izotopoov Cs-137 in Cs-134 je znašalo približno 2. Kvantitativno vsebnosti teh izotopov v telesu nismo ocenili.

Pri obeh skupinah smo merili tudi površinsko kontaminacijo obleke in las. Ta je bila v obeh primerih pri drugi skupini bistveno večja kot pri prvi, kar potrjuje, da je do vnosa v telo prišlo v Kijevu.

ABSTRACT

Ge-Li spectrometry was used for *in vivo* determination of I-131 in human thyroid in the first month following the nuclear accident in Chernobyl as a fast, simple and reliable method. Activities from several 10 Bq up to several 1000 Bq were detected in thyroid of different groups of people.

LITERATURA

- (1) Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu. IJS delovno poročilo DP-4343, oktober 1986.
- (2) Derived Emergency Levels for the Introduction of Countermeasures in the Early to Intermediate Phase of Emergency Involving the Release of Radioactive Materials to Atmosphere, National Radiological Protection Board, NRPB - DL10, Chilton, Didcot, Oxon OX11ORQ, March 1986.
- (3) The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences. IAEA Experts Meeting, 25-29 August 1986, Vienna.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8-11. juna 1987. godine

PRIKAZ OBOLJENJA ŠTITASTE ŽLEZDE KOD RADNIKA
PROFESIONALNO EKSPONIRANIH JONIZUJUĆEM ZRAČENJU

Vračarić Lj., Stojanović D., Trajković M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vršac

Institut za radiobiologiju i radijacionu medicinu "RBM"

Cilj rada je prikaz evidentiranih oboljenja štitaste žlezde kod radnika profesionalno eksponiranih jonizujućem zračenju. Nadjena oboljenja su benigne prirode, više su obolele osobe ženskog pola, starosti između 30 i 40 godina. Većina obolelih je izložena zatvorenim izvorima ionizujućih zračenja i niskim dozama. Nije zabeležen ni jedan slučaj karcinoma štitaste žlezde (jonizujuće zračenje, profesionalna ekspozicija, zaštita, štitasta žlezda).

UVOD

Tema je veoma aktuelna, jer se u poslednje vreme kao posledica Černobiljske tragedije navodi porast incidencije karcinoma tiroide. Jedan od najvažnijih efekata ozračivanja celog tela je ozračivanje endokrinih žlezda. Štitasta žlezda kod mladih osoba je u poređenju sa odraslim relativno radioosetljiva, a u periodu rasta i posle puberteta manje radioosetljiva. U stanju hiperplazije tiroide je prilično osetljiva na ionizujuće zračenje (1). Promene na tiroide pod uticajem ionizujućih zračenja spadaju u stohastičke efekte. Prema Berdjisu u humanoj populaciji radioosetljivost na nivou tiroide se diferencira u III grupu koju karakteriše laka radioosetljivost (2).

METODOLOGIJA

Ispitivana populacija izložena otvorenim i zatvorenim izvorima ionizujućeg zračenja po zakonskim obavezama se najmanje jednom godišnje podvrgava

Na tabeli 1. su prikazana oboljenja štitaste žlezde u odnosu na karakter ekspozicije. Manje od jedne desetine od ukupno 1100 radnika radi sa otvorenim izvorima ionizujućih zračenja.

Tabela 2. Oboljenja štitaste žlezde u funkciji dužne ekspozicije

Dg	Dužna ekspozicije				Ukupno
	1-5 god.	5-10 god.	10-15 god.		
Struma nodosa	4	4	2		10
Struma diffusa	6	11	2		19
Hyperthyreosis	-	1	-		1
Thyroiditis	-	1	-		1
Ukupno	10	17	4		31

Na prikazanoj tabeli se vidi da su najviše oboleli oni koji rade od 5-10 godina sa izvorima ionizujućih zračenja.

Tabela 3. Oboljenje štitaste žlezde u odnosu na pol

Dg	P o l		Ukupno
	Muški	Ženski	
Struma nodosa	4	6	10
Struma diffusa	9	10	19
Hyperthyreosis	1	-	1
Thyroiditis	-	1	1
Ukupno	14	17	31

Nema bitne razlike u oboljevanju prema polu.

sistematskom pregledu koji obuhvata:

1. Fizikalni pregled
2. Oftalmološki pregled
3. Rtg. pregled pluća
4. Kapilaroskopiju
5. Laboratorijski pregled krvne slike:
 - numeričke i citomorfološke promene
 - incidencija BNL
 - biohemičke analize
 - Incidencija hromozomskih aberacija

Podaci o oboljenju štitaste žlezde su dobijeni anamnestički ili utvrđeni fizičkim pregledom. Većina oboljelih nije bila pod endokrinološkim nadzorom pa smo pri predhodnom pregledu insistirali na utvrđivanju tačne prirode oboljenja štitaste žlezde. Radnici koji imaju teže oboljenje endokrinog sistema ne mogu raditi sa izvorima ionizujućeg zračenja. Poznati su slučajevi gde se pacijenti zbog "hladnog nodusa" nalaze pod redovnom kontrolom endokrinologa i hirurga.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu uvida u medicinsku dokumentaciju oko hiljadu i stotinu rada (1100) profesionalno eksponiranih ionizujućem zračenju utvrđeno je da 31 radnik boluje od sledećih bolesti štitaste žlezde: struma diffusa (21), struma nodosa (18), hyperthyreosis (1), tireoiditis (1). Nije registrovan ni jedan slučaj karcinoma štitaste žlezde.

Tabela I. Obolenje štitaste žlezde u odnosu na karakter ekspozicije

Dg	Vrsta Izvora	
	otvoreni	zatvoreni
1. Struma nodosa	4	6
2. Struma diffusa	6	13
3. Hyperthyreosis		1
4. Thyreoiditis		1
UKUPNO	10	21

Tabela 4. Obolenje štitaste žlezde u odnosu na starost

Dg	20-30 god.	30-40 god.	40-50 god.	preko 50.	Ukupno
Struma nodosa	1	6	3		10
Struma diffusa	4	8	5	2	19
Hyperthyreosis	-	1			1
Thyreoiditis	-	1			1
Ukupno	5	16	8	2	31

Najviše su obolevaju izmedju 40 i 50. godine života.

Dose su registrovane pomoću TLD i FD dozimetara i kretale su se izmedju 0,12 mSv i 51,6 mSv.

Literaturni podaci pokazuju da pod dejstvom ionizujućih zračenja na štitastu žlezdu dolazi do hypotireose i karcinoma štitaste žlezde (3). Ukupni faktor rizika za štitastu žlezdu je 1/4 od faktora za koštanu srž i iznosi 5×10^{-4} Sv⁻¹(4).

ZAKLJUČAK

Iz prikazanih rezultata koji su plod višegodišnje kontrole ispitivane populacije može se videti da su utvrđene bolesti štitaste žlezde nodosna i difusna eutiroidna struma. Faktori rizika za štitastu žlezdu su hipotireosa i karcinom štitaste žlezde pa se za registrovane promene ne može reći da su posledica ionizujućeg zračenja.

LITERATURA

1. Errera i Forsberger, mechanism in Radiobiology, 1960.
2. Ch.C.Berdjis, Pathology of Irradiation, 1971.
3. IRPA - Radiation Risk - Protection, Vol. I.
4. ICRP Publication 26 Pergamon Press, 1977.

STANJE PERIFERNIH KRVNIH SUDOVA U RADNIKA IZLOŽENIH JONIZUJUĆEM
ZRAČENJU

Savić M., Čremošnik-Pajić P.

Medicinski fakultet, Institut za zdravstvenu zaštitu, Novi Sad

Poznato je da promene na perifernim krvnim sudovima mogu nastati pod uticajem brojnih faktora endogene ili egzogene prirode. Cilj našeg rada je bio da meranjem temperature kože i kapilaroskopskim pregledom dodjemo do saznanja u kojoj meri je došlo do promena periferne cirkulacije šaka radnika izloženih ionizujućem zračenju.

UZORAK I METOD RADA

Kao uzorak za rad je uzeto 157 zdravstvenih radnika, oba pola, koji su u toku rada izloženi delovanju ionizujućeg zračenja. U svakog radnika je izvršen kompletan klinički pregled, laboratorijske analize (broj eritrocita, leukocita i trombocita, diferencijalna krvna krvna slika, binuklearni limfociti, glikemija, holesterol, ukupne masti, urea u serumu), elektrokardiografsko snimanje srca, izračunavanje Queteletov indeks ishranjenosti, sprovedena anketa u pogledu uzimanja alkohola i pušenja, izvršeno merenje temperature kože prstiju šaka električnim kontaktnim termočlankom švedske proizvodnje i kapilaroskopski pregled Zeissovim kapilaroskopom. Takođe je izvršeno izračunavanje srednjih temperatura prstiju šaka i njihova razlika izmedju leve i desne šake, standardna devijacija, koeficijent varijacije i statistička značajnost razlika χ^2 -testom.

REZULTATI RADA

Prosečna starost ispitivane grupe radnika je iznosila 40,9 godina, a dužina radnog staža 12,6 godina. Prosečna temperatura prstiju leve šake je iznosila $30,3^{\circ}\text{C}$, a desne 31°C uz istu standardnu devijaciju (3,7) i koeficijent varijacije od 12%. Ova razlika u prosečnim temperaturama nije statistički značajna. Razlika u prosečnim temperaturama prstiju jedne šake je minimalna (tabela 1). Podobnim grupama se ne zapažaju značajne razlike u prosečnim temperaturama (tabela 2). U odnosu na dužinu radnog staža najmanje prosečne vrednosti temperature imaju radnici sa stažom od 16-25 godine, a preko 2 stepena više radnici sa stažom do 15 godina (tabela 3). Temperaturu prstiju ispod 29°C je imalo 60 (38,7) radnika i to 41 (26,5%) na obe šake, samo na levoj 17 (11,1%), samo na desnoj 2 (1,3%). Na-

PROSEČNE TEMPERATURE PRSTIJU ŠAKA (N-155)

Tabela 1

PRSTI	L e v o			D e s n o		
	\bar{x}	SD	CV	\bar{x}	SD	CV
Prvi	30,6	3,2	11	31,3	3,3	11
Drugi	30,2	4,0	13	30,9	4,2	13
Treći	30,4	3,6	12	31,2	3,7	12
Četvrti	30,3	3,8	13	31,1	3,7	12
Peti	30,2	4,0	13	30,9	3,7	12
UKUPNO	30,3	3,7	12	31,0	3,7	12

LEGENDA: \bar{x} - srednja vrednost
 SD - standardna devijacija
 CV - koeficijent varijacije

PROSEČNE VREDNOSTI TEMPERATURE PRSTIJU DESNE ŠAKE PO DOBNIH GRUPAMA

Tabela 2

DOBNE GRUPE	Ukupno radnika			Temperatura		
	Broj	%	\bar{x}	\bar{x}	SD	CV
Do 29	20	12,7	26,8	30,9	4,2	13
30-34	31	19,7	32,1	32,2	3,0	9
35-39	29	18,5	36,5	30,6	3,4	11
40-44	15	9,6	41,8	30,5	3,4	11
45-49	27	17,2	47,0	31,3	4,0	13
50-54	17	10,8	52,4	30,2	4,1	13
55 i više	18	11,5	57,9	30,7	3,8	12
UKUPNO	157	100,0	40,9	31,0	3,7	12

PROSEČNE VREDNOSTI TEMPERATURE PRSTIJU DESNE ŠAKE PREMA DUŽINI RADNOG STAŽA

Tabela 3

RADNI STAŽ	Ukupno radnika			Temperatura		
	Broj	%	\bar{x}	\bar{x}	SD	CV
Do 5	41	26,3	2,8	30,7	3,7	12
6-10	39	25,0	8,5	31,8	3,3	10
11-15	27	17,3	12,8	31,9	3,2	10
16-20	16	10,3	18,3	29,1	3,7	13
21-25	19	12,2	22,9	29,9	4,9	16
26-30	6	3,8	27,8	32,8	2,5	8
31 i više	8	5,1	34,9	31,5	3,6	11
UKUPNO	156	100,0	12,6	31,1	3,6	12

djena razlika u asimetriji temperature prstiju nije signifikantna. Od 151. radnika u 66 (43,7%) je postojala razlika u srednjim temperaturama prstiju leve i desne šake više od jednog stepena i to u 59 (39,1%) je temperatura bila niža na levoj, a u 7 (4,6%) na desnoj šaci. U 29 (19,2%) radnika u kojih postoji temperaturna razlika leve i desne šake su srednje temperature bile ispod 29°C i to u 26 (17,2%) na levoj i samo 3 (2%) na desnoj šaci, dok je u ostalih bila iznad ove vrednosti. Temperaturna razlika srednjih vrednosti prstiju leve i desne šake se u 53 (35,1%) radnika krećala do 2°C, dok je u 13 (8,6%) bila preko 2°C i to u 12 (7,94%) je bila niža na levoj, a u jednom slučaju na desnoj šaci. Ova razlika u srednjim temperaturama prstiju leve i desne šake je statistički značajna na nivou $p < 0,01$ (χ^2 -test = 45,1019). U kapilaroskopskom nalazu je u najvećem broju 101 (65,5%) nadjeno suženje kapilara, zatim izvijugost 94 (61%), zabrisanost kontura 81 (52,6%), intenzivnija obojenost podloge 71 (46,1%) itd. Medju grupama radnika sa temperaturom od 30°C i više i 29°C i manje u kapilaroskopskom nalazu nije nadjena statistički značajna razlika sem u izvijuganosti kapilara (tabela 4). Izmedju ove dve grupe radnika nije nadjena signifikantna razlika ni u stepenu ishranjenosti, holesterolemiji, hipertenziji i navici uzimanja alkohola, dok je nadjen značajno veći broj sa višim temperaturama medju pušačima (tabela 5).

ODNOS KAPILAROSKOPSKOG NALAZA I SREDNJIH TEMPERATURA

Tabela 4

OSOBINE KAPILARA	U k u p n o (N=155)		Sa temperaturom manjom Od 29°C (N=60)		Od 30°C i više N=95	
	Broj	%	Broj	%	Broj	%
Redukovani	28	18,1	13	21,7	15	15,8
Povećani	30	19,4	15	25,0	15	15,8
Suženi	101	65,6	44	73,3	57	60,6
Prošireni	40	24,4	17	28,3	23	24,5
Izduženi	52	33,8	23	38,3	29	30,9
Izvijugani	94	61,1	50	83,3	44	46,8
Povećana propustljivost	43	27,9	17	28,3	26	27,7
Bleda podloga	18	11,7	11	18,3	7	7,5
Intenzivnije obojena podloga	71	46,1	51	51,7	40	42,1
Zabrisane konture	81	52,6	33	55,0	48	51,1

ODNOS TEMPERATURE PRSTIJA ŠAKA I POJEDINIH ELEMENATA

Tabela 5

POSMATRANI ELEMENTI	U k u p n o		Sa temperaturom manjom Od 29°C Od 30°C i više				
	Broj	%	Broj	%	Broj	%	
Indeks ishranjenosti							
manji od 2,2	21	13,8	8	38,1	13	61,9	
(Quetelet) 2,2 - 2,4	33	21,7	13	39,4	20	60,6	
Veći od 2,4	98	64,5	33	33,7	65	66,3	
Ukupno	152	100,0	54	100,0	98	100,0	
Uzimanje alkohola	ne piye pije povremeno pije sva-kodnevno	73	48,0	32	43,8	51	56,2
		74	48,7	26	35,1	48	64,9
		5	3,3	1	20,0	4	80,0
Ukupno	152	100,0	59	100,0	93	100,0	
Pušenje	Nepušači Pušači	56	37,3	32	57,1	24	42,9
		94	62,7	28	29,8	66	70,2
Ukupno	150	100,0	60	100,0	90	100,0	
Hiperholesterolemija	42	30,0	10	23,8	32	76,2	
Ukupno	140	100,0	51	100,0	89	100,0	
Hipertenzija	55	35,1	18	32,7	37	67,3	
Ukupno	157	100,0	60	100,0	97	100,0	

DISKUSIJA

Kožna termometrija se dosta koristi u proceni periferne cirkulacije radnika izloženih različitim štetnostima. Veći broj autora (1,2,3) je našao smanjenje temperature kože u radnika koji su bili izloženi delovanju vibracija. Paranović i saradnici (4) su našli niže temperature kože i u radnika koji su bili izloženi delovanju vinilchlorida. Sovjetski autori (5) su primenom termovizije našli poremećaj periferne cirkulacije na donjim ekstremitetima u rudara rudnika uglja i smatraju da je do ovih promena došlo usled delovanja nepovoljnih mikroklimatskih uslova.

Takodje i naši nalazi nižih kožnih temperatura i promena na kapilarima prstiju šaka i spitivanih radnika ukazuju na postojanje poremećaja mikrocirkulacije.

Mada brojni faktori mogu da imaju uticaja na perifernu cirkulaciju pojedini kao što su stepen ishranjenosti, hiperolesterolemija, hipertenzija, navika uzimanja alkohola i pušenja nisu u našoj grupi bili prisutniji u radnika sa nižim temperaturama. Broj pušača je bio značajno veći u grupi radnika sa normalnim temperaturama. I pri ispitivanju 245 traktorista nismo našli značajne razlike u temperaturi prstiju stopala izmedju pušača i nepušača. Isključivanjem ovih faktora može se reći da je jonizujuće zračenje najverovatnije imalo uticaja na pojavu nižih temperatura kože prstiju izloženih radnika. Nadjen značajno veći broj radnika sa nižim temperaturama na prstima leve šake u poređenju sa desnom se može tumačiti većom izloženošću nezaštićene leve šake jonizujućem zračenju. Naime, pri doterivanju aparata prstima leve šake lekari izjavljuju da ne nose zaštitnu rukavicu jer im ista smeta pri radu.

O značajnijoj povezanosti kapilaroskopskog nalaza i prosečnih temperatura prstiju ne može se sa sigurnošću govoriti mada su pojedini nalazi na kapilarima (suženje, bleda podloga, intenzivnije obojena podloga, izvijuganost kapilara) prisutniji u radnika sa nižim temperaturama. Sličan nalaz na kapilarima radnika izloženih jonizujućem zračenju su našli Višnjić i saradnici (6).

Predpostavljamo da se u većini ispitivanih radnika radilo o funkcionalnim promenama na perifernim krvnim sudovima u kojih se primenom adekvatnih mera zaštite može sprečiti dalje napredovanje procesa. Zbog toga i smatramo da pri periodičnim pregledima ima značaja kontrola periferne cirkulacije posebno u onih osoba čije su šake pri radu stalno izložene jonizujućem zračenju.

Z A K L J U Č A K

U ispitivanoj grupi od 157 zdravstvena radnika izloženih jonizujućem zračenju srednja temperatura prstiju leve šake je iznosila $30,9^{\circ}\text{C}$, a desne 31°C . Nisu nadjene značajne razlike u srednjim temperaturama prstiju iste šake, izmedju šaka i u odnosu na dobne grupe. Radnici su radnim stažom od 16-25 godine su imali za preko 2°C nižu temperaturu od radnika do 15 godina. Statistički značajno su nadjene na levoj šaci srednje temperature prstiju niža za više od jednog stepena u odnosu na desnu.

U radnika sa prosečnim temperaturama od 30° i više i 29 i manje nisu

nadjene značajne razlike u pogledu stepena ishranjenosti, holesterolije, visine krvnog pritiska i navike uzimanja alkohola, dok je pušača bilo značajno više u grupi sa višim temperaturama. Nadjene niže temperature kože i odstupanja u kapilaroskopskom nalazu ukazuju na to da je u radnika izloženih jonizujućem zračenju došlo do izvesnih promena u perifernoj cirkulaciji prstiju šaka.

L I T E R A T U R A

1. Karpova,N.I. Vibracija i nervnaja sistema, "Medicina", Moskva, 1976; 76. 2. Iljina N.A,Bezrodnih A,A, Milečnikova V.V, u knjizi Tareeve E.M, i sar. Vibraciona bolezn. Profesionaljnie zabolevanija "Medicina",Moskva,1976: 281. 3. Matsumoto T, Yokosou M.Harada N, Fukuchi Y, Kanamori M, Goth M. Mailmen's vibration hazard induced by motorcycle riding: results of cooling load teats. Industrial Health. 1982; 20 (3): 167. 4. Paranosić M i saradnici. Zbornik radova Simpozijuma o toksikologiji vinilchlorida, Svetozarevo, 1984: 144. 5. Gorjanova L, K. Gigiena truda i profesionalnie zabolevanija 1981: 7: 1. 6. Višnjić V, Jeremić M, Popov D. Ispitivanje morfologije i otpornoštiti kapilara kod profesionalne ekspozicije X zračenju. U: Zbornik dela XII Jugoslovenskog simpozijuma zaš. pred. sevanji. Portorož, 1981. 605-8.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM ON PROTECTION AGAINST RADIATION

Novi Sad, Juna 8-11, 1987.

CONDITION OF PERIPHERAL BLOOD VESSELS IN WORKERS EXPOSED TO IONIZING RADIATION

Savić M, Čremošnik-Pajić P.

Medical Faculty, Institute of Public Health, Novi Sad

A b s t r a c t

Values of finger temperature and results of capillaroscopic findings of 157 health workers exposed to effects of ionizing radiation are given in this paper.

The mean age of the study group was 40.9 years, and the average length of service was 12.6 years. The average temperature of the left hand fingers was 30.3°C and that of the right hand fingers was 31°C . The temperature of the fingers below 29°C was recorded in 60 (38.7%) workers: in 41 (26.5%) on both hands, in 17 (11,1%) on the left hand only and in 2 (1.3%) on the right hand only.

According to the capillaroscopy the most frequent finding was capi-

illary spasm in 101 (65,58%), then windings in 94 (61%), smeared contours in 81 (52,6%), stronger colours of the base in 71 (46.1%), etc. Among the subjects with the temperature values of 30°C or above or below, capillaroscopy did not reveal any significant difference except for the capillary windings. No difference was found either in respect to the nutritional status, cholesterolemia, any other ailment or alcohol consumption.

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8.-11. 06. 1987.

Kanogajec-Komor M., Korenika DŽ., Vidaković Ž., Hebrang A.^{*}

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, p.p. 1016

^{*}Klinička bolnica "Dr Ozren Novosel", Zagreb

IZLOŽENOST ZRAČENJU BOLESNIKA I OSOBLJA PRI SNIMANJU POMOĆU RENDGENSKE KINO KAMERE

Sažetak. Ispitane su doze zračenja kojima su izloženi bolesnici i radiološko osoblje pri snimanju krvnih žila srca (koronarografija). U pet provedenih ispitivanja dohivene su vrlo visoke doze na koži bolesnika (između 72-271 mGy). Doze zračenja na desnoj ruci asistenta radiologa iznosile su 0.12 do 0.45 mGy. Kada se usporedi s drugim radiološkim metodama kod ove vrste pretraga doze zračenja na štitnjači radiologa i asistenta su visoke (između 0.06 do 0.76 mGy).

Uvod

Kod pojedinih rendgenskih pretraga, kod kojih je potrebna velika brzina snimanja, neophodna je primjena kino kamere. Također se na film širine 35 mm snimiti i do 20 snimaka u sekundi. Ovo je potrebno za snimanje rendgenskog kontrastnog sredstva u brzoj krvnoj struji srca i srčanih arterija. U takvim uvjetima bolesnik i osoblje izloženi su većoj dozi zračenja, zbog velikog broja rendgenskih impulsa potrebnih za nastanak slika na kino filmu. Podaci u literaturi odnose se uglavnom na dozimetriju uz upotrebu fantoma, ili pak mjerjenja samo u primarnom snopu^{1,2}. Prema tim podacima doze se kreću od 10-100 milirada po sličici². Budući da procjena rizika neke metode zahtijeva i dozimetriju pojedinih radiosenzibilnih organa, a isto tako i dozimetriju osoblja koje pretragu izvodi, obavili smo takva ispitivanja prema vlastitim ranije postavljenim kriterijima³. To znači, da su naša mjerenja obuhvatila i određivanje izloženosti leće oka, štitne žlijezde, gonada, te ruku izvođača pretrage.

Cilj ispitivanja

Cilj je našeg istraživanja bio izmjeriti doze izloženosti bolesnika i radiološkog osoblja pri snimanju krvnih žila srca (koronarografija) pomoću rendgenske kino kamere. Mjerenjem treba

obuhvatiti fazu rendgenske dijaskopije, koja je potrebna za uvođenje katetera u srčane arterije, te fazu snimanja kina kamerom u raznim projekcijama.

Katerijal i metode

Za ispitivanje smo nasumice odabrali 5 pretraga, za koje smo unaprijed mogli pretpostaviti da će imati uobičajeni tok. Bolesnici su bili upućeni na pretragu zbog sumnje na suženje srčanih arterija. Dob bolesnika bila je između 47 i 63 godine, a tjelesna težina između 65 i 70 kg. Mjerjenja smo obavili pomoću iLL dozimetara Na_2O_2 : Ly. Energetska ovisnost dozimetara je pogodna za mjerjenje doza kod niskih energija zračenja⁴. Dozimetri su smještani u neproziran plastični materijal i u punjeni bedž koji osigurava elektronsku ravnotežu. Svaki bedž sadrži 2 detektora. Svaki dozimetr individualno kalibrirano na ^{226}Ra izvoru. Evaulacija dozimetara vrši se pomoću čitača TOLEDO 654, firme "Fitman".

Za ispitivanje izloženosti zračenju bolesnika pričvrstili smo po jedan IL dozimetr na mjestu ulaska primarnog snopa, te po jedan na kožu u visini štitne žlijezde, lijevoga oka i gonada. Za ispitivanje izloženosti osoblja, dozimetre smo postavili na vanjsku stranu desne šake, na kožu iznad štitne žlijezde, lijevoga oka, te u visini gonada ispod zaštitne pregače (ekvivalent olova 0,5 mm Pb).

Rezultati*

Mjerjenja na mjestu ulaska primarnog rendgenskog snopa u tijelo bolesnika pokazali su vrlo visoke doze, koje se kreću od 7 200 mrada (72 mGy) do 27 100 mrada (271 mGy). To su najveće doze koje smo izmjerili u cijelokupnom našem projektu određivanja izloženosti bolesnika pri rendgenskim pretragama $\exists,5$. Štitna žlijezda pokazuje izloženost od 76 mrada (0,76 mGy) do 430 mrada (4.3 mGy), iako se ne nalazi u samom primarnom snopu za vrijeme koronarografije (tablica 1). Izloženost gonada i oka kreće se između 4 mrada (0,04 mGy) i 22 mrada (0,82 mGy).

BOLESNIK	PRIMARNI SNOP	ŠTITNA ŽLIJEZDA	GONADE	OKO
1	72	4.30	0.07	0.82
2	270	1.63	0.16	0.20
3	113	2.70	0.14	0.35
4	271	1.03	0.04	0.08
5	108	0.76	0.04	0.10

Tablica 1. Izloženost bolesnika kod koronarografije (mGy)

Izmisimo rezultate izloženosti radiologa i asistenta, iako pri izvođenju koronarografije sudjeluju još 3-4 osobe. Ove su osobe izložene zračenju znatno manje, jer se za vrijeme pretrage mogu udaljiti od rendgenske cijevi i bolesnika. Izloženost izvođača pokazuje tablica 2., a asistenta tablica 3. Najveće doze izmjerili smo na rukama asistenta i one se kreću od 12 mrada (0,12 mGy) do 45 mrada (0,45 mGy) po pretragi. Razlog tome je neposredna blizina asistenta, koji za cijelo vrijeme pretrage rukuje s rendgenskom aparaturom i nalazi se u neposrednoj blizini rendgenske cijevi. Radiolog je izložen nešto manje jer se nalazi neposredno uz bolesnika, ali je od rendgenske cijevi udaljen oko 1,5 metar. Zanimljiv je način izloženosti štitne žlijezde radiologa, jer su izmjerene doze kod većine pretraga veće nego doze na rukama (tablica 2). Gonadne doze osoblje kreću se između 3 i 5 mrada (0.03 do 0.05 mGy), jer su mjerene iza zaštitne pregače.

BROJ PRETRAGE	RUKA	ŠTITNA ŽLIJEZDA	GONADE	OKO
1	0.08	0.16	0.04	0.14
2	0.05	0.11	0.05	0.06
3	0.06	0.08	0.04	0.07
4	0.03	0.07	0.04	0.08
5	0.08	0.06	0.03	0.08

Tablica 2. Izloženost radiologa kod koronarografije (mGy)

BROJ PRETRAGE	RUKA	ŠTITNA ŽLIJEZDA	GONADE	OKO
1	0.45	0.45	0.04	0.45
2	0.29	0.76	0.05	0.55
3	0.31	0.24	0.03	0.05
4	0.12	0.12	0.04	0.06
5	0.27	0.17	0.04	0.08

Tablica 3. Izloženost asistenta kod koronarografije (mGy)

Rasprava

Izloženost bolesnika kod koronarografije ovisi najviše o duljini trajanja rendgenske dijaskopije, kao i o duljini snimanja. U naših ispitanih dijaskopija i snimanje trajali su u prosjeku 12,9 minuta. U literaturi nalazimo slične izvještaje o trajanju izloženosti bolesnika rendgenskom zračenju, a srednja vrijednost mjerena velikog broja pretraga pokazuje trajanje od prosječno 13,7 minuta⁶. Velike doze na mjestu ulaska primarnog snopa posljedica su blizine rendgenske cijevi i duljine pretrage.

Izloženost osoblja pri koronarografiji ovisi o više faktora, među kojima su najvažniji blizina rendgenske cijevi, duljina pretrage i primjena zaštitnih sredstava. Blizina cijevi različita je kod pojedinih uređaja, a ovisi o smještaju cijevi iznad ili ispod bolesnika, te o mogućnosti rotacije cijevi oko bolesnika⁷. Primjena zaštitnih sredstava je kod ove pretrage ograničena. Nije moguća primjena zaštitnih rukavica zbog vrlo preciznih manipulacija katerom, kao i zbog očuvanja sterilnih uvjeta rada. Usprkos nošenju zaštitne pregače, ostaje nezaštićeno oko 15% volumena koštane srži izvodaca⁸. Nađi ~~radiolog~~ radioterapeuti pokazuju višoke doze izloženosti štitne žlijezde i oka. Ova izloženost bila bi još veća da se pretraga izvodi s aparatom čija je rendgenska cijev iznad bolesnika⁹. Međutim, i pod ovim povoljnijim uvjetima izloženost je takva da lako može prijeći zakonom predviđenu granicu.

Zaključak

Smanjenje izloženosti bolesnika moguće je postići kod koronarografije skraćivanjem trajanja pretrage. Površinu rendgenskog snopa ne može se smanjiti, jer on mora obuhvatiti cijelu površinu srca. Izloženost osoblja mogla bi se smanjiti ograničavanjem broja ovakvih pretraga u radnom tjednu. Zaštita se može poboljšati primjenom olovne zaštite za štitnu žlijezdu, kao i nošenjem naočala s olovnim stakлом. Ova zaštitna sredstva, na žalost, u našoj zemlji još uvijek nisu u rutinskoj upotrebi.

Summary. The exposure to radiation of patients and radiological personnel at the coronary angiography has been investigated. In five examinations very high doses on patients' skin was measured (in the range between 72 and 271 mGy). The assistant of the radiologist has been exposed to doses in the range between 0.12 and 0.45 mGy on the right arm. In comparison with other radiological methods, a significantly higher exposure of the thyroid gland of both the radiologist and the assistant were found (in the range between 0.06 and 0.76 mGy).

LITERATURA:

1. ROWLEY K.

Personnel protection during cardiac chaterization,
Br. J. Radiol. 1974; 47 : 169-178.

2. ESSINGER A., RAIMONDI S., VALLEY J.

Radiation exposure to the examiner during coronary angiography
Ann. Radiol. 1979; 22: 340-343.

3. RANOGAJEC-KOMOR M., KORENIKA Dž., DVORNIK I., HEBRANG A.,
VIDAKOVIĆ Z.

Dose zračenja na bolesnicima kod rendgenskih snimanja
U: XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, održan
u Puli 1985.
Zbornik radova, 1985: 449-453.

4. PROKIĆ M.

Development of highly sensitive CaSO_4 : Dy/Tm and MgB_4O_7 :
Dy/Tm sintered thermoluminescent dosimeters
Nucl. Instr. and Meth. 1980; 175: 23-26.

5. HEBRANG A., VIDAKOVIĆ Z., RANOGAJEC-KOMOR M., KORENIKA Dž.,
DVORNIK I., GAĆINA T.

Izloženost bolesnika zračenju kod rendgenske dijaskopije.
U: XIII jugoslavenski simpozij zaštite od zračenja, održan
u Puli 1985.
Zbornik radova, 1985; 437-440.

6. AMIEL M., PHILLIPAN B., BUTTIN R.

Quelques données statistiques concernant la durée de la
radioscopie lors du catheterisme cardiaque.
Ann. Radiol. 1979; 22: 337-339.

7c MEMMINGSSON A., LOFROTH P.

Radiation protection in fluoroscopy with an image intensifier.
Acta Radiol. 1978; 19: 1007-1012.

M. ĐŽAMBASEVIĆ
Vojna akademija kopnene vojske,
Beograd

M. TOMAŠEVIĆ
Institut za medicinu rada i
radiološku zaštitu "Dr Dra-
gomir Karajović", Beograd

R. RADOVANOVIC
Institut za biofiziku Medicin-
skog fakulteta, Beograd

KONCENTRACIJA LAKIH JONA U VAZDUHU RENDGEN KABINETA
POD USLOVIMA RENDGEN SNIMANJA PACIJENATA

UVOD

Zakonskim propisom koji je donet 1986. godine (1) u pro-
storijama u kojima se koriste rendgen aparati za prosvetljavanje i sni-
manje pacijenata obavezna je kontrola koncentracije lakih jona u vazdu-
hu. Kontrola koncentracije lakih jona mora se obavljati najmanje jedan-
put u toku dve godine.

Materijal i metod rada

Na zahtev zdravstvenih radnih organizacija koje koriste
rendgen aparate u medicinskoj dijagnostici, do sada je izvršen veći broj
kontrola koncentracija lakih jona u vazduhu, instrumentom CDJ-03 koji je proizveo
Institut za fiziku i Teleoptik u Beogradu.

Rezultati rada i diskusija

U ovom radu prikazani su rezultati merenja koncentracije
lakih negativnih (n^-) i pozitivnih (n^+) jona kao i određivanje koefici-
jenta unipolarnosti jona (q) u vazduhu (2) za vreme snimanja pacijenata.
Za snimanje pacijenata koristio se šestopulsni rendgen aparat Syperix 1000
undistat.

Merenje je vršeno iza zaštitnog paravana na mestu gde se
nalazio rendgen tehničar. Pre početka snimanja pacijenata, za vreme sni-

manja pluća dece i snimanja LS kičme kod odraslih osoba.

Rezultati merenja prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Srednje vrednosti koncentracije negativnih i pozitivnih jona i koeficijenta unipolarnosti jona

Uslovi merenja	Joni $n^- \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	Joni $n^+ \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	$q = \frac{n^+}{n^-}$
Pre početka snimanja	439	387	0,88
Snimanje plu- ća kod dece	1200	2066	1,79
Snimanje plu- ća kod odras- lih osoba	4700	9100	1,94
Snimanje LS kičme kod odraslih	28330	48330	1,70

Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata može se konstatovati da koncentracija jona raste u zavisnosti od broja uzastopnih snimanja, učestalosti snimanja i uslova pod kojima se snimanje obavlja (KV, mAs).

Abstract

XIV Yugoslav Symposium on Protection of Radiation, Novi Sad, June 8.-11.1987, Džambasević M., Tomašević M., Radovanović R.
Concentration of the light Ions in the X - Ray Cabinet Air under the Conditions of the X - Ray Photographing of the Patients.

On the basis of the current regulations which are valid in the X - ray photographs the concentration of the lidt ions in the air is also increasing with the prevailing quantity of light ions which makes q l. (Ion, concentration, patient, X - ray machine, X - ray photographing).

Literatura

1. *Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad odredjene granice aktivnosti, rendgen aparata i drugih aparata koji proizvode ionizujuća zračenja i o međama zaštite od zračenja tih izvora. Sl. list SFRJ br. 40 od 18.7.1986. godine, član 75.*
2. *RADOVANOVIC M., DŽAMBASEVIĆ M. Koeficijent unipolarnosti jona. U: Deseti simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja održan u Arandjelovcu 1979: 331-333.*

INDUCIRANE MUTACIJE I ADAPTACIJA

Katarina Borojević, Institut za biologiju, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad.

U v o d

Sve do pedesetih godina ovog veka o uticaju spontanih mutacija na evoluciju znalo se dosta, dok se o uticaju induciranih mutacija na genetske promene u strukturi populacije, a time i na evoluciju znalo relativno malo. Humana populacija, kao i sav živi svet, bila je u drugom svetskom ratu i posle njega izložena zračenju kao i raznim drugim mutagenim agensima, pa je posle pedesetih godina postavljeno više eksperimentata s ciljem da se utvrdi efekat radioaktivnog zračenja na žive organizme. Rezultati ovih eksperimenata su pokazali da, iako je zračenje štetno, frekvencija štetnih mutantnih gena izazvana mutagenim agensima nije uvek bila u direktnoj vezi sa adaptivnom vrednošću populacija.

LITERATURA

Bruce Wallace (1981) opisuje detaljno eksperimente sa zračenim populacijama *Drosophila*, koji su bili postavljeni 1949-1950. u Cold Spring Harboru u SAD sa ciljem da se utvrdi da li je adaptivna vrednost populacije uvek u korelaciji sa mutacijama koje ona sadrži, i da li su te promene uvek uočljive na fenotipskom nivou. On navodi sledeći primer:

Populacija "I" bila je zračena visokim dozama X-zraka (10.000 r). Oko 95% prve generacije zigota je usled dominantne letalnosti uginulo.

U toku dve godine letali i semiletali su se nagomilali u zračenoj populaciji u znatno većoj frekvenciji nego u kontrolnoj (u kojoj su se takođe pojavili spontano), jer sve štetne mutacije nisu bile letalne ili semiletalne u homozigot-

tnim individuama. Mnoge mutacije su samo snižavale viabilnost svojih nosilaca, i fenotipski su izgledale normalno, zato su i nazvane kvazinormalni divlji tipovi.

Kvazinormalni divlji tipovi upotrebljeni su za dalje testiranje, tako što su medjusobno ukrštani. Rezultati ukrštanja su pokazali, da je proporcija letala i semiletala u potomstvima dobivenim ukrštanjem individua iz zračene populacije bila više nego u kontrolnoj populaciji. Zaključci koji su se mogli izvući iz ovih podataka su sledeći: 1) inducirane mutacije su štetne; 2) individue zračene populacije nose visoku frekvenciju letalnih i semiletalnih gena i druge štetne mutacije. Zato se očekivalo da će hromozomi ovih individu pokazivati veliki štetni efekat i heterozigotnim nosiocima. Međutim, to nije bio slučaj. Frekvencija divljih mušica bila je u ovim ukrštanjima veća za 3% do 4% nego u test-ukrštanjima sa individuama iz kontrolne populacije, što je predstavljalo signifikantno povećanje.

Iz ovih eksperimenata Wallace je izvukao zaključak da zračene individue u populaciji *Drosophilae* kroz rekombinacije u slobodnoj oplodnji ili zadržavaju ili sakupljaju hromozome koji pokazuju višu adaptivnu vrednost.

Sankaranarayanan (1964, 1965, 1966, 1967) proučavao je subpopulacije proizvedene iz zračene populacije *Drosophile melanogaster* na Columbia Univerzitetu u Njujorku i primetio je vrlo brzi oporavak viabilnosti u prve četiri generacije nakon zračenja.

U kasnijim generacijama proučavane generacije su dostigle plato koji je bio 15% do 20% ispod netretirane kontrolne populacije. Nakon primenjene selekcije na viabilnost, postignuto je povećanje viabilnosti skoro do vrednosti koju je pokazivala i netretirana kontrola.

REZULTATI

Procesi adaptacija u zračenim populacijama pšenice

U Novom Sadu 1958. godine i kasnije postavljeno je nekoliko eksperimenata sa zračenim populacijama pšenice (*Triticum aestivum vulgare*) (Borojević K. 1962, 1965, 1969, 1980), i proizvedeno je u polju 20 generacija, svake godine po jedna.

Eksperimenti su pokazali da je zračenje imalo štetan efekat u prvih generacijama nakon zračenja - pri tretiranju dozom LD_{50} do LD_{70} .

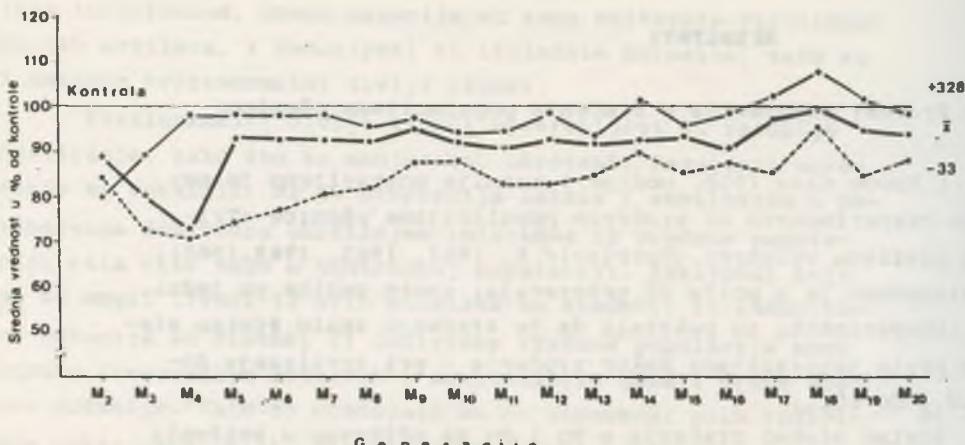
Štetan efekat zračenja u M_2 i M_3 se očitavao u sniženju srednje vrednosti, kvantitativnih svojstava kao i povećanju genetske varijabilnosti (sl. 1) u negativnom pravcu. Zračena populacija se kroz kasnije generacije oporavljala. Oporavak je bio brz od M_3 do M_5 , da bi u kasnijim generacijama bio znatno sporiji: srednja vrednost se održavala na platou od M_5 do M_{20} i bila je 1% - 3% niža od kontrole, ali su ekstremne plus varijante prelazile kontrolu.

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Pojava oporavka objašnjava se na sledeći način: kod homozigotnih genotipova, kao što su u ovom eksperimentu bile tretirane linije pšenice, svi geni su kompletno vezani u blokove. U ovakovom sistemu svaki genotip se ponaša kao pojedinačni alel jednog multialelnog lokusa. Mutacije su se mogle dodati pojedinačno u svakom od ovih lokusa. Supstitucija jednog normalnog alela sa jednim mutantanom alelom u već adaptiranim blokovima gena svakako je štetna.

Mutacije iz ovih eksperimenata imale su štetan dominantan i semidominantan efekat prilikom ukrštanja sa nezračenom kontrolom (M. Kraljević, K. Borojević, 1976).

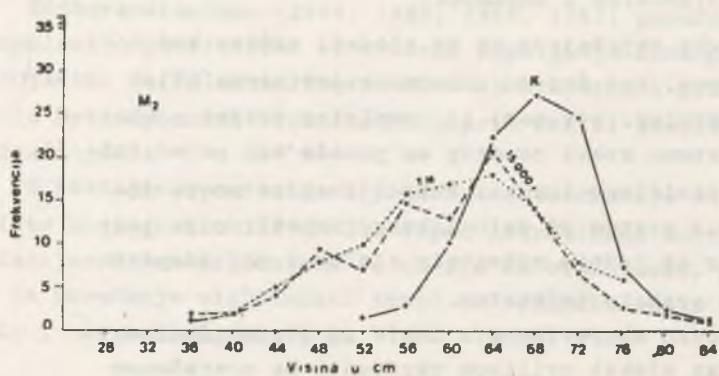
Početni stadij oporavka zračene populacije pšenice bio je eliminacija štetnih mutacija samooplodnjom, te je na taj način izgubljen dominantan i semidominantan štetni efekat,



G e n e r a c i j e

Pr. 6.16. Sl. 2. Srednje vrednosti (\bar{x}) populacije (+) i (-) linija za svojstvo visina stabljičke kod pšenice sorte "Mara" kroz 20 generacija nakon tretmana sa termalnim neutronima u poređenju sa kontrolom - 100% (prema K. Borojević, i S. Šesek, 1981).

tako da se zračena populacija oporavila. (Srednja vrednost većine kvantitativnih svojstava dostigla je srednje vrednosti kontrole).



Pr. 6.16. Sl. 1. Efekat delovanja X-zraka i termalnih neutrona na promenu distribucije frekvencija za visinu stabljičke sorte "Mara" u M₂ generaciji u poređenju sa kontrolom (K. Borojević, 1964).

Sledeći proces koji je doprineo adaptaciji zračene populacije bio je stabilizirajuća nesimetrična selekcija, koja je dovela do stvaranja platoa srednjih vrednosti M₅ do M₁₈ generacije. Prirodna selekcija u daljim generacijama M₁₉ i M₂₀ izdvojila je superiorne genotipove koji su prelazili srednju vrednost kontrole (sl. 2).

XIV. Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja

Novi Sad, 08-11 juni, 1987

INDUCIRANE MUTACIJE I ADAPTACIJA

Katarina Boroević

Abstrakt

Efekat zračenja na pšenici proučavan je 20 generacija.

Doze zračenja od LD_{30} do LD_{50} imale su ne samo štetan efekat u godini zračenja nego i genetski koji se održao kroz 20 generacija.

Genetski štetan efekat u M2 i M3 generaciji pokraj vidljivih makromutacija očitovao se i u sniženju srednje vrednosti kvantitativnih svojstava kao i povećanju genetske varijabilnosti u negativnom pravcu. Zračena populacija se kroz kasnije generacije oporavljala, oporavak je bio naročito brz od M3 do M5 da bi u kasnijim generacijama bio znatno sporiji: srednja vrednost se odižavala na platou od M5 do M20 generacije i bila je niža od 1-3% od kontrole.

Ključne reči: zračenje, pšenica, adaptacija.

Summary

The effect of wheat irradiation has been studied through 20 generations. Radiation had deleterious effect in the year of treatment which genetic effect was traceable even 20 generations after treatment.

Key words: irradiation, wheat, adaptation.

L I T E R A T U R A

- Borojević, Katarina, 1962. Nasledne promene u tipu klase izazvane zračenjem semena pšenice sorte Mara, II kongres biologa Jugoslavije, Beograd, 4-5.
- Borojević, Katarina, 1965. The effect of irradiation and selection after irradiation on the number of kernels per spike in wheat. The use of induced mutations in plant breeding. Pergamon Press, Oxford, 505-513.
- Borojević, Katarina, 1969. Genetic changes in quantitative characters of irradiated population. XII. Int. Genetic Congress, Japan J. Genetics, 44, Suppl.1, Tokyo, 404-416.
- Borojević, Katarina, 1980. Comparative mutagenesis in plants: Radiation vs chemicals. Progress in Environmental Mutagenesis, Elsvier/ North Holland Biomedical Press.
- Borojević, Katarina i Šesek S. 1981. Processes influencing the evolution of irradiated wheat populations. Induced mutations-a tool in plant breeding, IAEA, Vienna, 127-141.
- Kraljević-Balalić, Marija i Borojević, K. 1976. Combining ability and gene action for plant height in mutant lines of *Triticum aestivum vulgare*. Genetika, Vol. 8, No 3: 207-214, Beograd.
- Sankaranarayanan, K., 1964. Genetic loads in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*, Genetics 50, 131-50.
- Sankaranarayanan, K., 1965. Further data on the genetic loads in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*. Genetics 52, 153-164.
- Sankaranarayanan, K., 1966. Some components of the genetic loads in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*. Genetics 54, 121-130.
- Sankaranarayanan, K., 1967. Influence of selection on the viability of Irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*. Genetics 57, 687-690.
- Wallace, B., 1981. Basic Population Genetics. Columbia University Press, New York.

PROFESIONALNA IZLOŽENOST ZRĀENJU TOKOM REDOVNOG SERVISA
NUKLĒARNE ELEKTRANE

Kubelka D., Horvat Dj.; Lakovski A.*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Filozofski fakultet Skopje, Institut za ONO

UVOD

Uz konvencionalne izvore, nuklearna energija današ postaje sve prisutnija u mnogim zemljama svijeta. Nuklearni energetski objekti zapošljavaju velik broj radnika u redovnom pogonu, a tokom izmjene goriva i periodičnih servisa, taj se broj znatno povećava.

Po rezultatima švedskih autora, uz poštivanje svih mjera radio-štike zaštite, tokom pojedinin poslova u nuklearnim elektranama, grupe radnika primaju čak do 70 - 80% godišnje doze.

Cilj ovog rada bila je analiza strukturnih aberacija kromosoma u limfocitima osoba koje su obavljale specifične poslove tokom redovnog servisa nuklearne elektrane.

OSNOVNI PODACI I METODA

Izabrano je sedam radnika u dobi od 21 do 24 godine. Dvojica su bili lagani pušači. Nitko od ispitanika nije tokom zadnjih godinu dana bio dijagnostički ozračivan. U vrijeme uzimanja uzoraka krvi svi su bili u dobroj zdravstvenoj kondiciji, bez kemoterapije više od 12 mjeseci.

Pridržavajući se tako strogih mjera, grupa ispitanika nije velika.

Prije svakog početka servisa, za te je radnike obavljen vrlo detaljan zdravstveni pregled. Uz ovaj pregled izvršene su specifične hematološke analize, oftalmološki pregled, psihotestovi, kapilaroskopija i predekspozicijske analize strukturalnih aberacija kromosoma.

Na brojaču za cijelo tijelo, svakom je radniku izmjerena ukupna aktivnost.

S obzirom na predviđeni posao, za te je radnike planirano i očekivano homogeno ozračivanje niskim dozama.

Svi radnici bili su kontinuirano pod dozimetrijskom kontrolom. Nitko od ispitanika nije primio više od polovice dopuštene doze, a kontrolom na brojaču za cijelo tijelo nije zabilježena kontaminacija radionuklidima.

Nekoliko sati nakon obavljenog posla, uzeti su im uzorci venske krvi i napravljena je standardna kultura limfocita. Za svakog ispitanika analizirano je 500 prvih in vitro metafaza (1). Rezultati predekspozicijskih kromosomskih analiza, fizikalno-dozimetrijske procjene ekspozicijskih doza i podaci analiza kromosomskih aberacija nakon rada analizirani su i usporedjeni.

REZULTATI I DISKUSIJA

Predekspozicijske analize kromosomskih aberacija pokazuju uobičajenu "pozadinu", prisutnu u zdravim osobama. Ukupno je nadjeno nekoliko kromatidnih lomova iacentrika. Procentualno, taj broj nije prelazio 1% (Tablica I).

Tablica I

Broj stanica	Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Aberacije po stanici
500	3	1		0,008
500	2	1		0,006
500	4			0,01
500	1	1	2	0,008
500	2	3		0,01
500	1	1	2	0,008
500	3	2		0,01

Film dozimetrijska i termoluminiscentna procjena doze nije ni kod jednog ispitanika prelazila 0,02 Gy.

Rezultati kromosomskih analiza, nakon obavljenog posla, u neiskladu su s fizikalno-dozimetrijskom procjenom ekspozicijske doze (Tablica II).

Tablica II

Doza Gy	Broj stanica	Lom	Acentrik	Dicentrik	Prsten
0,0065	500	13	5		
0,0072	500	12	7		
0,009	500	13	11		
0,0101	500	14	6	2	
0,0124	500	21	31	3	1
0,01501	500	17	29	5	1
0,01805	500	16	30	6	

Prisutan je visok broj bikromatidnih lomova, izmedju 12 i 21 na 500 analiziranih metafaza, acentrični fragmenti a čak kod četiri ispitanika nadjeni su bicentrični i prstenasti kromosomi.

Analizirajući distribuciju aberacija po stanici bilo je očito da postoje metafaze sa dvije ili čak tri specifične aberacije (Tablica III).

Tablica III

Doza Gy	Broj stanica	Kromosomske aberacije po stanici		
		0	1	2
0,0065	500	482	12	3
0,0072	500	481	13	3
0,009	500	476	16	4
0,0101	500	478	16	3
0,0124	500	444	38	9
0,01501	500	448	34	6
0,01805	500	448	33	8
				2
				1

Biodozimetrijski gledano, takvi rezultati su u suprotnosti s izmernim dozama. Tumačenje ovakvih rezultata, čini se da je moguće, jedino uz pretpostavku nehomogenog ozračivanja. Po toj bi pretpostavci pojedini dijelovi tijela naših ispitanika primili više doze od procjenjenih fizikalnom dozimetrijom. Tu pretpostavku potkrepljuju i kapi-taroskopski nalazi na rukama ovih ispitanika.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRACENJA

Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

Kubelka D., Horvat D., Lakovski A.

EXPOSURE DURING RUTINE MAINTANCE OF THE REACTOR IN NUCLEAR POWER PLANT

The purpose of this issue was to analyse structural chromosome damages in lymphocytes of 7 persons working on a specific jobs of periodical service in nuclear power plant. The results of pre-exposure chromosomal aberration analyses, physical dosimetric approximation and chromosomal aberration analyses after the exposure, were mutually compared. There is certain difference between biodosimetric and physical estimation.

This work was supported by IAEA Contract No 3165.

LITERATURA

1. Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment IAEA, Technical Reports No 260 (1986).

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRAČENJA, NOVI SAD

8.-11. juli 1987. god.

G. Joksić, B. Marković, D. Panov, S. Milašić

Klinički centar Medicinskog fakulteta

OOUR Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu

"Dr Dragomir Karađović" Beograd

HROMOZOMSKE ABERACIJE U LICA IZLOŽENIH POVEĆANOJ
KONCENTRACIJI RADIONUKLIDA U ŽIVOTNOJ SREDINI

Uvod

Kod lica profesionalno izloženih dejstvu ionizujućeg zračenja analize hromohomskih aberacija je od velikog značaja, posebno u onim slučajevima kada neke kliničke manifestacije treba povezati sa dejstvom ionizujućeg zračenja.

Pri akcidentalnim ozračivanjima ova analiza predstavlja jedan od najpouzdanijih parametaraapsorbovane doze. Akcidentalna ozračivanja su najčešće neuniformna, te se na osnovu analize hromozomskih aberacija može govoriti samo o srednjoj ekvivalentnoj dozi. To znači da se frekvenca hromozomskih aberacija mora pratiti najmanje nekoliko meseci nakon akcidenta /1,2/, što potvrđuju i naša iskustva prilikom akcidenta sa Ir-192.

Poslednjih godina došlo je do povećanog unošenja radionuklida u organizam iz različitih razloga. Najčešći razlozi su nepridržavanje mera zaštite na radu, akcidenti na radu, a u poslednje vreme razlog povećanom unošenju radionuklida u organizam je povećana koncentracija radionuklida u životnoj sredini izazvana havarijama na nuklearnim elektranama, poput havarije u Černobilu.

Biološka procena doza preko hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi zavisi od vrste radionuklida unetih u organizam. Neki radionuklidi se nehomogeno raspoređuju u organizmu, i inkorporiraju se u specifične organe i tkiva. Tada je ozračivanje pojedinih organa u organizmu neravnomerno, tako da je biološka procena doze na osnovu hromozomskih aberacija iz limfocita periferne krvi neprecizna. Drugi radionuklidi uneti

u organizam /npr. tricijum, kalijum, natrijum/ brzo se i homogeno prenose kroz telesnu tečnost dok ne postignu jonsku ravnotežu sa odgovarajućim jonima u mekim tkivima. U takvim slučajevima analiza hromozomskih aberacija daje precizne i reproducibilne dozimetrijske podatke.

Posle havarije na nuklearnoj elektrani u Černobilu, izvršili smo analizu hr. aberacija u dve grupe ispitanika.

Materijel i metode

Analiza hr. aberacija u svih ispitanika radjena je BUdR tehnikom /3/. Kultura ćelija kultivisane su u RPMI medijumu uz dodatak 15% autologog seruma, 2% fitohemaglutinina i 8 mg/ml BUdR-a. Fiksacija hromozoma obavljena je na 45 sati. Po svakom ispitaniku analizirano je po 200 metafaza.

Rezultati i diskusija

Jedna grupa od 16 ispitanika su bili građevinski radnici koji su se u vreme havarije našli na radu u Zlobinu. U grupi građevinskih radnika rezultati analize hromozomskih aberacija kreću se u granicama normalnih vrednosti. U drugoj grupi, koji čine turisti iz Kijeva, učestalost hr. aberacija je bila povećana u 8 ispitanika /više od polovine/. U tim prvim danima nakon havarije veliki uticaj na distribuciju radioaktivnih padavina imale su meteorološke prilike. Radioaktivne padavine prvih dana posle havarije zasobišle su Zlobin, ali su vazdušnim strujanjima dospele do Kijevoa. Neznajući za skludent na ME, grupa turista svoje slobodno vreme maksimalno je provodila na polju. Otuda i razlika u ozračenosti ove dve grupe ispitanika. U grupi turista koji su 1. i 2. maja boravili u Kijevou analiza hromozomskih aberacija je ponovljena 5 meseci nakon skludenta. Na žalost, svega 6 osoba se odazvalo pozivu, tako da nemamo kompletne podatke za celu grupu. Rezultati dobijeni ovom prilikom su vrlo interesantni i prikazani su na tabeli 1.

Očigledno je da je frekvencija hromozomskih aberacija nešto povećana u odnosu na naš u maju mesecu. Došlo je do

Tabela 1.
NALAZ HROMOZOMSKIM ABERACIJA

ISPITANIK	HROMOZON. ABERACIJE MAJ 1986.	HROMOZ. ABERACIJE OKTOBAR 1986.
1.	Bez hr. aberacije	3 dicentriks 1 pericentrična A ₁ 2 translokacije 2 acentrična fragmenta 3 prekida
2.	2 ring hromozoma 1 translokacija	1 pericentrične inverzije 1 translokacija
3.	1 ring 2 prekida	1 translokacija 1 pericentrične 3 acentrična fragmenta
4.	1 acentrični fragment 3 hromozomska prekida	1 translokacija 1 acentrični fragment
5.	1 dicentrik 2 acentrična fragmenta	1 ring hromozom 2 acentrična fragmenta
6.	dicentrik 1 prekid	1 dicentrik 1 translokacija 2 hromozomska prekida
7.	Bez hr. aberacije	
8.	Bez hr. aberacije	
9.	bez hr. aberacije	
10.	Bez hr. aberacije	
11.	Bez aberacije	
12.	tri acentrična frag- menta	
13.	1 acentrični fragment	
14.	2 hromozomska prekida	
15.	1 ring hromozom 1 hromozonski prekid	

neke vrste amplifikacije hromozomskih promena, što je posledica interne kontaminacije radionuklidima. Teškoće u biološkoj proceni ozračenosti organizma prilikom internih kontaminacija radionuklidima posebno su izražene u ovom slučaju. Teško je utvrditi koji su sve radionuklidi inhalacijom uneti u organizam, slije je sigurno da je došlo do produženog izlaganja zračenju /svekako opadajućoj dozi zračenja zbog izlučivanja radionuklida/, kao i do putovanja radionuklida kroz organizam zahvaljujući njihovom uključivanju u metabolizam. U ovakvim slučajevima, procena doze bi bila veoma neprecizna.

Može se zaključiti da ispitivanje hromozomskih abeacije u slučaju akidentalne kontaminacije životne sredine je od posebnog značaja za procenu zdravstvenog stanja kontaminiranih osoba.

Abstract

XIV YUGOSLAVIAN RADIOLOGICAL PROTECTION MEETING, NOVI SAD,
8-11. of June, 1987.

G. Joksić, B. Marković, D. Panov, S. Milačić

Institute of occupational health and radiological protection
"Dr Dragomir Karađović", Belgrade, Deligradska 29

CHROMOSOME ABERRATION ANALYSIS IN A GROUP OF PEOPLE EXPOSED
TO INCREASED CONCENTRATION OF RADIONUCLIDES IN LIVING ENVIRONMENTAL

Chromosome aberration analysis in a group of tourists who had happened to be in Kiev on the 1st and 2nd of May 1986, were performed. In 8 cases out of 15 the frequency of chromosome aberrations was increased. Five months later, the frequency was slightly higher in comparison with the first analysis.

Literatura

1. D.C. Lloyd, R.J. Purrott and G.W. Dolphin. Chromosome Aberration Dosimetry using Human Lymphocytes in Simulated Partial Body Irradiation. Phys. Med. Biol. 1973, vol. 18, no 3; 421-431.
2. Sharpe H.B.A. Pitfalls in the use of Chromosome Aberration Analysis for biological radiation dosimetry, Brit. J.Radiol., 42, 1969; 943-944.
3. Lett, S.A. Microfluorometric detection of deoxyribonucleic acid replication in human metaphase chromosomes, Proc. Natl. Acad. Sci. /USA/, 70, 1973; 3395-3399.
Chr. Aberr. Anal. Exp. Radionucl.
4. Ostala literatura se nalazi kod autora

XIV JUGOSLOVJEJSKI STIMPOZIJUM ZA ŽŠATITU OD ZRAČENJA
NOVI SAJ, 8.-11. juni, 1987. godine

Hasanbašić D., Kljajić R., Milošević Z.
Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta Sarajevo

KOMPARATIVNI PRIKAZ HROMOZOMSKIH ABERACIJA KOD POLU-
LETALNO OZRAČENIH KOZA NEŠTIĆENIH I ŠTIĆENIH CISTAFOSOM

R E Z I M E :

Ispitivana je efikasnost hemijskog radioprotektivnog sredstva cistafosa na učestalost hromozomskih aberacija kod poluletalno ozračenih koza.

Rezultati ispitivanja pokazuju da su bicancrici kao pouzdan znak hromozomskog oštećenja značajno smanjeni kod štićenih životinja u odnosu na neštićene životinje.

U V O D

U posljednje vrijeme izražena je tendencija istraživanja protektivnih sredstava na većem broju životinjskih vrsta, osobito onih sa većom bimatom zbog bolje mogućnosti extrapolacije dobijenih rezultata na čovjeka.

Prena tome, problem zaštite od zračenja ostaje vrlo aktuelan. U svijetu se vrše intenzivna ispitivanja u svrhu pronaalaženja hemijske supstance koja bi unijeta u organizam prije zračenja, bila u stanju da spriječi nastajanje radijacionih promjena.

Radioprotективno djelovanje cistafosa ustanovljeno je na većem broju životinjskih vrsta (miš, pacov, hrčak, kunić, pas, majmun) pokazujući veliku efikasnost. Cistafosom ili WR-638 je hemijski stabilan preparat koji je najefikasniji u štićenju hematopoetskog tkiva, odnosno krvnih elemenata sa još nedovoljno ispitivanim efektom na životinje velike bimase (2,3).

Ispitivanjem hromozomskih aberacija u linfoцитima periferne krvi služi kao osjetljiv i pouzdan parametar koji upotpunjuje i daje podatak o biološkim posljedicama absorbovanih doza zračenja (1).

Ovim radom smo htjeli ispitati odnos hromozomskih aberacija kod koza koje nisu štićene cistafosom prije ozračivanja i onih koje su štićene.

Materijal i metode rada

U svrhu ispitivanja zaštitnog efekta radioprotectora (WR-638) nabavljene su koze autohtone pasmine. Eksperimentom je obuhvaćeno 12 koza podijeljenih u dvije grupe A i B. Životinjama grupe B cistafos je apliciran intramuskularno prije ozračivanja (štićene životinje). Korištena je modifikovana konvencionalna metoda in vitro kultivacije linfoцита. Za analizu kontrolnih uzoraka služila je krv istih životinja prije ozračivanja.

Obe grupe koza ozračene su X zrakama na linearном akceleratoru dozom od 2,4 Gy. Na prvim in vitro metafazama analizirane su strukturne promjene hromozoma prije i 24 sata nakon ozračivanja.

Rezultati i diskusija

Rezultati analizre hromozomskih aberacija na linfoцитима periferne krvi koza (kontrola) prije ozračivanja prikazani su na tabeli 1

STRUKTURNΑ ОСТЕЋЕЊА ХРОМОЗОМА КОД КОЗА ПРИЈЕ ОЗРАЧИВАЊА

Tabela 1.

Broj životinje	Strukturne aberacije hromozoma/po ćeliji						Ukupni % aberacija
	Hromatidne GAP	LOM	LOM	Hromozomske Ance- trik	Bicen- trik	Promjena ploiditeta	
K ₁	0,01	0	0,01	0	0	0	2
K ₂	0	0,005	0,005	0	0	0,005	1,5
K ₃	0,005	0,01	0	0	0	0,005	2
K ₄	0,005	0,01	0	0	0	0	1,5
K ₅	0,01	0,01	0,01	0	0	0	3
K ₆	0	0,01	0	0	0	0	1
K ₇	0,015	0,005	0	0	0	0	2,5
K ₈	0,01	0,005	0,005	0	0	0,005	2,5
K ₉	0,01	0	0,01	0	0	,0	2
K ₁₀	0,015	0,005	0	0	0	0,005	2,5
K ₁₁	0,005	0,01	0,005	0	0	0	2
K ₁₂	0	0,005	0,005	0	0	0,005	1,5

Analiza se odnosila na strukturalna oštećenja hromozoma po klasifikaciji na hromatidne i hromozomske lezije. Ustanovljeno je prisustvo hromatidnih aberacija tipa Gap i Lom., kao i nešto manje hromozomske lezije tipa lom. Promjena ploiditeta nadijena je u manjem broju (samo kod 5 životinja). Samo prisustvo hromatidnih lezija je dokaz da su nastale nakon dodavanja mitogenog stimulatora. Ukupni postotak aberacija analiziranih ćelija kreće se od 1,5-3 što je u skladu sa literaturnim podacima.

Rezultati analize hromozomskeaberacija za neštičene i štičene životinje su prikazani na tabeli 2 i 3.

STRUKTURNA OŠTEĆENJA HROMOZOMA KOD KOZA (grupa A)
24 SATA NAKON OZRAČIVANJA DOZOM OD 2,4 Gy

Tabela 2:

Broj životinje	Analizi ranih ćelija	Strukturalne aberacije hromozoma/po ćeliji							Ukupni % aberacija
		Hromatidne			Hromozomske		Promjena ploiditeta		
		GAP	LOM	LOM	Acen-	Bicen-			
K ₁	140	0	0,01	0	0	0,19	0,01		21
K ₂	200	0,01	0	0,01	0,01	0,17	0,01		21
K ₃	88	0,01	0	0,03	0	0,18	0		22
K ₄	126	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	0,02		22
K ₅	180	0,02	0,01	0,01	0,01	0,16	0,01		22
K ₆	100	0	0,01	0	0,01	0,022	0		24

STRUKTURNA OŠTEĆENJA HROMOZOMA KOD KOZA (grupa B)
24 SATA NAKON OZRAČIVANJA DOZOM OD 2,4 Gy

Tabela 3.

Broj životinje	Analiziranih ćelija	Strukturalne aberacije hromozoma /po ćeliji							Ukupni % aberacija
		Hromatidne			Hromozomske		Promjena ploiditeta		
		GAP	LOM	LOM	Acen-	Bicen-			
K ₇	100	0	0,02	0,03	0,02	0,06	0,01		14
K ₈	180	0,005	0,01	0,01	0,01	0,15	0,005		19
K ₉	90	0,01	0,03	0,04	0,03	0,05	0,01		17
K ₁₀	90	0,01	0,01	0,01	0	0,15	0		18
K ₁₁	120	0,016	0,016	0,03	0,01	0,05	0,016		14
K ₁₂	100	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	0,02		14

Kod interpretacije rezultata koji se odnose na strukturu aberacija hromozoma, nije bilo moguće uvijek izbrojati 200 metafaza, pa je tim pouzdanost rezultata nešto smanjena. Zbog visoke doze zračenja bio je reduciran broj leukocita. Stoga je u tabelama koje prikazuju ove rezultate naznačen i broj analiziranih ćelija.

Evidentno je da su na svim uzorcima štićenih i neštitićenih koza prisutni hromatidni i hromozomski lomovi, acentrični fragmenti kao i specifične translokacije. Broj bicentrika kod neštitićenih koza kao signifikantnog znaka hromozomskih oštećenja u prosjeku kreće se od 17% na sto ćelija. Kod štićenih koza broj bicentrika je značajno smanjen, i iznosi 6% na sto ćelija.

U literaturnim podacima za cistafos navedeno je da ovaj protektor vrlo dobro štiti krvne elemente od štetnog djelovanja zračenja. Ova konstatacija potvrđena je i našim rezultatima hromozomskih aberacija koje su radjene iz linfocita periferne krvi koza. Ustanovljena su dvostruko manja oštećenja hromozoma kod štićenih životinja.

A B S T R A C T

A COMPARATIVE SURVEY OF CHROMODOMAL ABERRATIONS IN SEMILETHALLY RADIATED GOATS, UNPROTECTED AND PROTECTED BY "CISTAFOS"

The efficiency of the chemical radioprotective agent "Cistafos" has been examined by the frequency of chromosomal aberrations in semilathally radiated goats.

The results of the examination indicate that the bicentrics as a reliable sign of chromosomal damage have been significantly decreased in the protected animals as compared to the unprotected ones.

L I T E R A T U R A:

1. D.C.LLOYD, A.A.EDWARDS, J.S.PROSSER, J.E.MOQUET AND P.FINNON.
Doses in Radiation Accidents Investigated by Chromosome Aberration Analysis, NRPB.R 176, (1985) p. 1-20
2. MILOŠEVIĆ Z., KLJAJIĆ R., HORŠIĆ E., HASANBAŠIĆ D., VUKOTIĆ Z.:
Zaštitno djelovanje cistafosa na tok akutnog radijacionog sindroma kod koza, Zbornik radova XIII Simp.JDZZ, Pula 1985., 205-208.
3. ZNAMENSKIJ V.V., TEHEROV A.V., SUSLIKOV V.I.: Radiozaščitnaja efektivnost cistafosa pri potjašenom oblučenii. Modifik. luč. poraženij, Moskva, 1981. god., 61.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8-11. juni, 1987.

Žunić Z.*, Horvat Dj.**, Radotić N.*, Milić O.*, Djurić I.*, Bek-Uzarov Dj.*

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

Laboratorija za radiobiologiju i radijacionu medicinu, Beograd

**Institut za medicinska istraživanja, Laboratorija za mutagenezu, Zagreb

PROMENE HROMOZOMA U OSOBA IZLOŽENIH TEHNOLOŠKI Povišenoj RADIOAKTIVNOSTI

SAŽETAK: - Direktnim merenjem beta-gama aktivnosti u celom čovečijem telu, utvrđeno je u 24 h uzorku urina prisustvo metabolički vezanih radionuklida - kontaminanata prirodne sredine, u kojoj su ispitanici boravili najmanje tri meseca neprekidno. Kod svih ispitanika, odabranih kao slučajni uzorak, analizirani su hromozomi na prisustvo promena karakterističnih za radijaciono oštećenje. Na osnovu rezultata se zaključuje o potrebi definisanja kriterijuma za dalje biomedicinsko praćenje.

UVOD

U ćelijama koje imaju sposobnost deobe, ili se u njima indukuje mitoza, mogu se analizirati hromozomske aberacije. Mali limfociti (Ly) iz pune krvi, najčešće se koriste za ispitivanje dejstva zračenja i drugih mutagenih činilaca na hromozome čoveka u in vitro eksperimentima i za in vivo uslove /1/. Budući da u 1 ml približno ima 3×10^6 Ly u cirkulaciji /2/, i da se neprekidno izmenjuju sa ekstravaskularnim tkivom /3/ smatraju se stalno putujućim mikrodozimetrima. Njihova prednost je i sposobnost da "konzervišu" citogenetsku leziju /4/. Cilj rada je bio da se utvrdi broj i tip hromozomskih promena u osoba kod kojih je analizom 24 časovnog uzorka urina dokazano prisustvo metabolički vezanih radionuklida - kontaminanata iz čovekove okoline, a koji su potvrđeni direktnim merenjem beta-gama aktivnosti u celom čovečijem telu.

ISPITANICI I METODE

Analizirane su hromozomske aberacije kod dve grupe ispitanika. Kod četiri od šesnaest osoba, ispitivanja hromozoma su se zasnivala na utvrđenoj internoj kontaminaciji radionuklidima, uzimajući u obzir da je u standardnom uzorku urina kvantitativno određen sadržaj ^{131}J , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{106}Ru , ^{103}Ru , ^{40}K , ^{90}Sr i dokazano prisustvo ^{140}Ba , ^{241}An , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{140}La , ^{144}Ce i ^{95}Zr . Kod druge grupe ispitanika, analizirane su samo hromozomske aberacije, jer se nalazila u zoni uticaja radionuklida unetih u prirodnu sredinu. Kod šest ispitanika, od ukupno 16 iz obe grupe, paralelno su izvršena i merenja beta-gama emitujućih radio-nuklida u celom čovečijem telu. Svi ispitanici su boravili najmanje tri meseca neprekidno u oblasti tehnološki povišenog nivoa kontaminacije.

Sadržaj beta-gama radionuklida određivan je sa Ge(Li) brojačem na 4096 kanalnom analizatoru gama-spektrometu, u 24 h uzorku urina, Marinelli bocama, zapremine 600 ml /5/. Sadržaj ^{90}Sr utvrđivan je tributil fosfatnom metodom /6/. Direktno merenje beta-gama radionuklida sadržanih u celom čovečijem telu, vršeno je na uređaju "MAČT" sa sledećim mernim karakteristikama: veličina kristala NaJ(Tl) , 200 mm dijametar, 100 mm visina; pozicija kristala X=235, Y=760, Z=165mm;

efikasnost merenja za energiju, ^{137}Cs - 2.95 dex-3, energetsko razlaganje: 10,4 keV/kanalu; fon: 40,5 IMP/s integralno.

Od svakog ispitanika uzeta je venska krv i Ly su kultivisani in vitro. Korišćena je F10 podloga uz dodatak 20% telećeg seruma i fitohemaglutinina "Wellcome". Kulture su inkubirane 48 sati, hromozomi fiksirani 45. sata Kolhici-nom i preparacija hromozoma izvršena konvencionalnom tehnikom /7/. Analizirane su prve in vitro deobe, od 200 do 500 metafaza po ispitaniku. Kontrolnu grupu sačinjavalo je 10 neekspoziranih zdravih osoba. Značajnost razlike između kontrolne grupe i ispitanika, pri njihovoj konfrontaciji, testirana je izračunavanjem pokazatelja centralne tendencije i varijabilnosti, primenom neparametarskog Wilcoxon-Mann-Whitney testa inverzije, kao i izračunavanjem apsolutne verovatnoće Fishera uz test medijane. Rezultati su prikazani na tabelama.

REZULTATI I DISKUSIJA

Izmerena interna kontaminacija ispitanika pokazuje dominantnu kontaminaciju sa dva radionuklida ^{134}Cs i ^{137}Cs , čije su aktivnosti utvrđene u celom telu i njihove aktivnosti su zbirno pokazane na tabeli 1.

Tabela 1: Merenje beta-gama aktivnosti i ekvivalentne unutrašnje doze u celom telu ispitanika (WBC)

Osobe	$(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs})$ kBq	$f(\text{R})$
A*	14.6	3.1
B	20.2	2.9
C	7.5	1.7
D	42.2	6.9
E	18.0	2.8
F	20.0	3.0

*Kod osoba A, nadjeno je pored navedenog Cs i 676 Bq ^{131}I .

Zbog prisustva i drugih radionuklida uočenih na spektru, čije količine i energije nisu mogle da budu precizno identifikovane, data je na tabl. 1, u koloni pod $f(\text{R})$ i srednja ekvivalentna doza internog ozračenja ispitanika, koja potiče od svih radionuklida u oblasti energija od 100 keV-a do 2.7 MeV-a. Kod osoba A,B,C i E uzorci 24-časovnog urina su posebno pripremani za spektrometrijsku analizu poluprovodničkim spektrometrom. Iz rezultata prikazanih na tabeli 2 vidi se stohastička kontaminacija ispitanika sa nizom radionuklida, zatećenih u uzorcima analiziranog urina.

Tabela 2: Analiza radionuklida u 24-časovnom urinu ispitanika

Osobe	Radionuklidi (Bq)					
	40K	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs	^{103}Ru	^{106}Ru
A	62.77	77.6	24.7	57.6	57.1	101.1
B	92.10	28.3	35.7	74.8	4.89	15.68
C	77.40	103.0	15.9	33.1	43.7	80.5
E	84.4	nivo fonu	60.0	110.2	u tragu	33.89
						90.26

Posebno se ukazuje na prisustvo ^{90}Sr u relativno visokim koncentracijama za koje se ne vidi opravdana osnova? Usled organizacije rada nije bilo moguće prikupiti rezultate kompletne merenja WBC i radionuklida u urinu kod svih 16 ispitanika čije su metafazne ćelije analizirane na prisustvo promene. Rezultati citogenetske analize prikazani su na tabeli 3. Kao kontrolna grupa pregledano je 2000 metafaza u deset neekspoziciranih, zdravih osoba. Nadjeno je 13 hromatidnih lomova i 11 acentričnih fragmenata. Ukupan procenat aberacija iznosi 0.5%. Nisu utvrđeni dicentrični hromozomi niti centrični prstenovi.

Tabela 3: Učestalost promena na hromozomima ispitanika

Osobe	Broj anal. metaf.	ace	bic	prsten
1 A	176	21	0	0
2 B	200	22	4	0
3	202	25	0	0
4 C	200	28	1	1
5 D	290	17	2	0
6	350	23	4	0
7	290	18	3	0
8	200	11	2	0
9	250	10	1	0
10	200	4	0	0
11	200	2	0	0
12	200	1	0	0
13	204	18	4	0
14 E	500	20	0	0
15 F	280	20	2	1
16	270	8	0	0
16	4014	284	23	2

Kod 16 ispitanika ukupno je analizirano 4014 metafaza. Nadjeno je 248 acentričnih fragmenata, 23 dicentrična hromozoma i 2 centrična prstena. Kvalitet i broj učenih promena, iako ne postoji "vezani uzorak" tj. statistička obrada rezulta- ta nije pokazala značajnost razlike kontrolne i eksponirane grupe, ukazuju na ve- rovatočnu radijaciono indukovanih primarnih lezija DNK molekula.

Kao posledica kontamancije čovekove okoline fisionim produktima radio- nuklidi dospevaju u čovekovu okolinu i u čoveka putem vazduha, vode i hrane. Nisko energetski emiteri čine najkritičniju komponentu jonizujućeg zračenja u oštećenjima DNK molekula. Pri tome direktno dejstvo jonizujućeg zračenja na ćelijsku DNK obuhvata ionizaciju DNK baza i smatra se da stvara oko 50%oštećenja koja izaziva ozračivanje *in vivo* /8/. Rezultati radijacionohemijskih ispitiva- nja slobodnoradikalinskih procesa pokazali su da indirektno dejstvo zračenja na ćeliju potiče od reakcija OH radikala sa biomolekulima - komponentama ćelija, u kojima pored ostalih reakcija, oduzimanjem H-atomu sa C-H veza, započinje kida- nje jednog ili oba lanca DNK /9/. Hromozomske promene u skladu sa ovim činjeni- cama nisu samo rezultat interakcije mutagena (zračenje) i ćelijske DNK već pre rezultat izmenjenih ćelijskih mehanizama oporavka indukovanih primarnih lezija

LITERATURA

- /1/ Upton, A., (1982), "The biological effects of low-level ionizing radiation", *Cancer Biology, Readings from Scientific American*, W.H. Freeman and Company, New York, 24-31.
- /2/ Wara, D.W., Ammann, A.J., "Immunological Disorders of Childhood", *Pediatrics* 16th edn (Rudolph, A.M., Barnett, H.L., Einhorn, A.H., Eds) Appleton, New York, 299-327.
- /3/ Trepel, F., (1976), "Das Lymphatische Zellsystem: Struktur, Allgemeine Physiologie und Allgemeine Pathophysiologie" *Blut und Blutkrankheiten*, Teil 3, Leukocytäres und Retikuläres System I (Begemann, H, ed), Springer-Verlag, Berlin (West), 1-191.
- /4/ Horvat Dj. (1985) "Analiza hromozomskih aberacija u priznavanju profesionalnih oboljenja nastalih kao posledica ionizirajućih zračenja", *Zbornik radova XIII Jug. simpoz. zašt. od zračenja, knjiga II*, Pula, 757-758.
- /5/ Djurić I., (1985) Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet.
- /6/ Hasl (1982), Environmental Measurements Laboratory U.S. Department of Energy, New York.
- /7/ Technical Rep., No 260 (1986) IAEA, Wien, 31-32.
- /8/ G.Scholes, Brit J., Radiol (1983), 56 , 221-231.
- /9/ "Mechanisms of DNA Damage and Repair" M.G.Simić, L.Grossman i A.D.Upton ed., Plenum Press, New York (1986).

THE CHROMOSOMAL ABNORMALITIES OF HUMANS EXPOSED TO TECHNOLOGICALLY ENHANCED
RADIOACTIVITY

ABSTRACT: - *The whole body counter direct measurements of beta-gama activity, confirmed the presence of metabolized radionuclides in 24 h urine samples. These nuclides were contaminants of the natural environment in which the examinees spent continuously three months. For each person tested, selected at random, chromosomal analysis was made for typical radiation-induced lesions. The results obtained proved the necessity of defining criteria for further bio-medical surveillance.*

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8.-11. 06. 1987.

Deanović Ž. i Miljanić Saveta
Institut "Rudjer Bošković", Zagreb, p.p. 1016

ZAŠTITNA MOĆ GAMAFOSA (1/3 LD₅₀) U LETALNO
OZRAČENIH ŠTAKORA

Sažetak. Gamafos (WR-2721) u dozi od svega 1/3 toksične LD₅₀, injiciran i.p. štakorima 10-15 min. prije letalnog gama-ozračenja (⁶⁰Co), pružio je relativno slabu ali ipak ne i zanemarivu zaštitu tim životinjama. Porast LD_{50/30} iznosio je u zaštićenih štakora svega 1 Gy (FRD = 1,12). Kad bi se s odgovarajućom netoksičnom dozom gamafosa postigla takva zaštita i u čovjeka, to bi bio značajan dobitak jer bi uz srednjeletalno ozračenje svi zaštićeni imali šansu da prežive.

Uvod

Poznato je da fosforotioati (tiososforni derivati cisteamina) podliježu u stanicama enzimatskom defosforiliraju i da time prelaze u radioprotективni oblik otpuštajući slobodne SH-skupine⁽¹⁾. Što je količina sumpora unesenog u tijelo veća, to je i postotak povišenja LD_{50/30} veći⁽²⁾. Dakako da, na žalost, ujedno raste i broj i intenzitet toksičkih nuspojava što predstavlja ograničavajući faktor u primjeni te vrste zaštite od zračenja. Iako je Yuhas⁽²⁾ injicirao miševima gamafos čak u dozi od 2/3 toksične LD₅₀ kako bi postigao maksimalni dozni reduksijski faktor (FRD) od 2,7, mi smo smatrali da vrijedi ispitati na štakorima zaštitnu moć tog radiopraktora uz dozu od svega 1/3 toksične LD₅₀. Time bismo se do nekle približili onom doznom području koje bi moglo biti prihvatljivo i za čovjeka.

Materijal i metode

Ove smo eksperimente izvodili na Wistar štakorima, mužjacima, težine 280-320 grama. Ispitivanjem akutne toksičnosti gamafosa "Bosnalijek" za naše štakore pri i.p. aplikaciji, našli smo da je za njih toksična LD₅₀ oko 490 mg/kg. Jedna trećina te doze, tj. naša radioprotективna i.p. doza za štakore, iznosila je 164 mg/kg (=656 µM/kg). Gamafos smo otapali u fiziološkoj otopini (npr. za štakora od 300 g trebalo je 49,2 mg supstancije otopiti u 3 ml fiziološke otopine) i uštrcavali smo i.p. 10-15 min. prije ozračivanja.- Kao izvor zračenja upotrebljen je ⁶⁰Co-panoramski gama-uredaj aktualne aktivnosti od oko 1,26 PBq (34000 Ci).

Štakori su šest po šest izlagani zračenju, svaki u svom relativno tijesnom kavezusu od perforiranog Al-lima. Uvjeti ozračivanja: radio se o unilateralnom izlaganju cijelog tijela uz brzinu doze od 2,8 Gy/min; udaljenost od centra izvora do osi životinje iznosila je 1,5 m. Dozimetrijska kalibracija polja zračenja obavljena je pomoću tkivu ekvivalentnih kemijskih dozimetara DL-M4⁽³⁾. Sve referirane doze odgovaraju tkivnim dozama mjeranim u zraku u položaju uzdužne osi životinje (tzv. "free-space midline tissue dose").

Primjenjene su dvije "niže" (7.9 i 8.2 Gy) i dvije "više" letalne doze (8.8 i 9.0 Gy). Sa svakom od navedenih doza ozračeno je po 12 štakora zaštićenih gamafosom i po 12 kontrolnih životinja koje su prije izlaganja zračenju primile i.p. injekciju fiziološke otopine.

Rezultati

Dobiveni rezultati pregledno su prikazani na tablici 1

Eksperim. grupa	Broj štakora (N)	Broj preživjelih/N	Kaluszynerov koeficijent preživljavanja
Gamafos + 7.9 Gy	12	1.00	1.00
Fiz. ot. + 7.9 Gy	12	0.83	0.95
Gamafos + 8.2 Gy	12	1.00	1.00
Fiz. ot. + 8.2 Gy	12	0.58	0.80
Gamafos + 8.8 Gy	12	0.83	0.95
Fiz. ot. + 8.8 Gy	12	0.17	0.48
Gamafos + 9.0 Gy	12	0.58	0.76
Fiz. ot. + 9.0 Gy	12	0.08	0.43

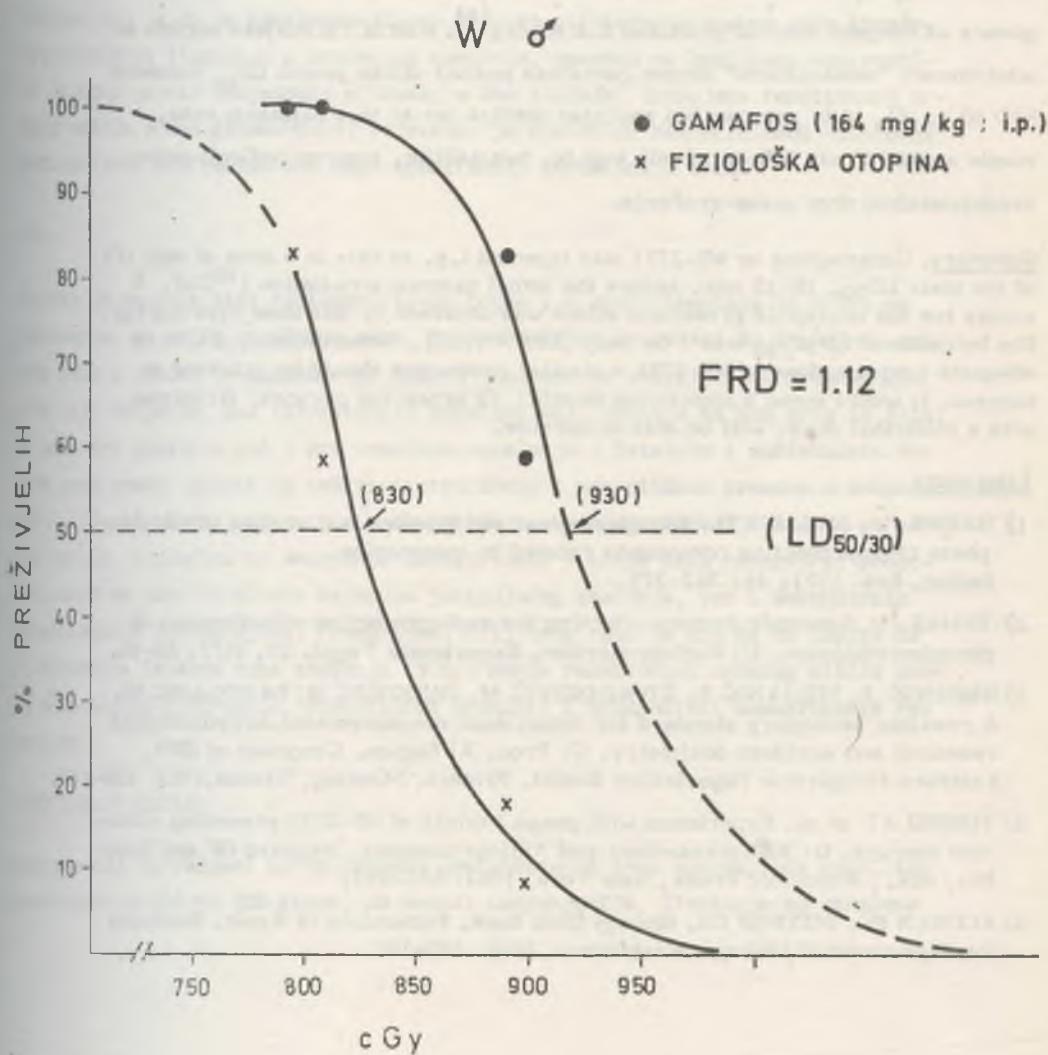
$$S = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{30}}{N_1 \times 30}$$

N_1 = broj (živih) štakora u prvom danu poslijе ozračenja itd.

S obzirom da su skupine životinja zaštićenih gamafosom primile iste doze zračenja kao i one injicirane fiziološkom otopinom, to smo smjeli za statističku obratiti svrstati sve štakore tretirane gamafosom u jednu grupu ($N=48$), a sve kontrolne životinje u drugu grupu ($N=48$). Iz proporcija živih i uginulih (nakon zračenja) izmedju tih dviju grupa (tablica kontingencije 2×2), mogli smo izraditi χ^2 -test. Budući da je χ^2 iznosio 17.98, to smo na razini značajnosti od $P < 0.001$ mogli

zaključiti da gamafosom zaštićene životinje signifikantno bolje preživljavaju od nezaštićenih. — Uzelji da izračunamo faktor redukcije doze (FRD) što ga pruža preventivna primjena gamafosa, konstruirali smo krivulje iz odnosa doza zračenja i postotka preživjelih, posebno za kontrolne a posebno za zaštićene grupe štakora. Kako se vidi na slici 1, gamafos je u količini od $1/3 LD_{50}$ (tj. 164 mg/kg i.p.), povećao LD_{50} preživljavanja tokom 30 dana za svega $100 \text{ cGy} (= 1 \text{ Gy})$. FRD iznosio je samo 1.12, što zapravo predstavlja slabu zaštitu.

Slika 1



Diskusija i zaključci

Dobiveni rezultati jasno govore da se gamafosom u dozi od svega 1/3 toksične LD₅₀ (tj. 164 mg/kg i.p.) ne može postići u štakora puni radioprotективni učinak (FRD samo 1.12). Međutim, njegova je zaštitna aktivnost i u takvoj dozi ipak prisutna i nije zanemariva kad se zna da čovjek ne može primiti bez ozbiljnih toksičkih nuspojava više od 10 mg/kg tog radioprotectora⁽⁴⁾. Preračuna li se doza gamafosa što smo je primijenili u štakora na površinu tijela "standardnog" štakora (oko 0.210 m²) odnosno "standardnog" čovjeka (1.850 m²), onda se dobiva zanimljiv podatak da naša štakorska radioprotективna doza (164 mg/kg) odgovara za čovjeka dozi od približno 6.2 mg/kg⁽⁵⁾. Kad bi i u čovjeka uspjelo sa adekvatnom "netoksičnom" dozom gamafosa postići sličan pomak LD₅₀ (odnosno FRD od 1.12), to bi zapravo bio značajan dobitak jer bi se, u najmanju ruku, moglo spasiti i onih 50% ozračenih koji bi, bez zaštite, sigurno podlegli jednoj srednjeletalnoj dozi gama-zračenja.

Summary. Gammaphos or WR-2721 was injected i.p. in rats in a dose of only 1/3 of the toxic LD₅₀, 10-15 min. before the lethal gamma-irradiation (⁶⁰Co). A scanty but not negligible protective effect was obtained by this dose (164 mg/kg). The increase of LD_{50/30} was 1 Gy only (DRF = 1.12). Nevertheless, if with an adequate nontoxic dose of WR-2721 a similar protection should be achieved in humans, it would mean a significant benefit: all protected persons, irradiated with a midlethal dose, will be able to survive.

Literatura

- 1) HARRIS JW, PHILLIPS TL. Radiobiological and biochemical studies of thiophosphate radioprotective compounds related to cysteamine. *Radiat. Res.* 1971; 46: 362-379.
- 2) YUHAS JM. Systemic factors affecting the radioprotective effectiveness of phosphorothioates. U: *Radioprotection, Experientia Suppl.* 27, 1977: 63-70.
- 3) DVORNÍK I, MILJANIĆ S, ŽIVADINOVIĆ M, DUGONJIĆ B, RA NOGAJEC M. A possible secondary standard for lethal dose measurements in radiological research and accident dosimetry. U: *Proc. XI Region. Congress of IRPA, Austrian-Hungarian-Yugoslavian Radiat. Protect. Meeting, Vienna, 1983:* 138-143.
- 4) TURRISI AT et al. Experience with phase I trials of WR-2721 preceding radiation therapy. U: *Radioprotectors and Anticarcinogens*, Nygaard OF and Simic MG, eds., Academic Press, New York, 1983: 681-693.
- 5) ALTMAN PL, DITTMER DS. Biology Data Book. Federation of Amer. Societies for Experimental Biology, Washington, 1964: 120-121.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8. - 11.06.1987. godine

Mirjana Cvetković, A. Milovanović, D. Tanssijević
Vojnotehnički institut - Beograd

EFEKTI NEKIH NEUROVEGETATIVNIH LEKOVA NA IZOLOVANO
PERFUNDOVANO SRCE OZRAČENIH PACOVA

RECIM: Ispitan je efekt pilokarpina i atropina na izolovanom perfundovanom srcu pacova u kontrolnih i životinja ozračenih letalnom dozom gama zraka (9 Gy). Ustanovljeno je da je kardiovaskularno dejstvo pilokarpina znatno jače izraženo u ozračenih životinja u odnosu na kontrole, posebno na amplitudu kontrakcija. Atropin je bio podjednako efikasan u oba slučaja. Izmenjena reaktivnost srčanog mišića prema pilokarpinu, verovatno je posledica nespecifičnog oštećenja kontraktilnih miofibrila pre nego specifičnih struktura u srcu.

UVOD

Poznato je da srce nije radiosenzitivan organ i u eksperimentima in vitro na izolovanom, pa zatim ozračenom srcu, pokazano je da ne dolazi do značajnih promena kako u odnosu na autonomnost tako i u odnosu na izdržljivost srčanog mišića (1). Međutim, ima literaturnih podataka koji ukazuju da kod srca in situ, ne samo pri lokalnom već i pri totalnom ozračenju i letalnim i subletalnim dozama gama zraka, dolazi do teških distrofičnih i nekrotičnih promena u srčanom mišiću (2, 3). Prema najnovijim podacima (4) poremećaj funkcije srca u ozračenih kunića, posledica su smanjenja osetljivosti i broja beta receptora, prouzrokovanih ne samo direktnim dejstvom ionizujućeg zračenja, već i sekundarnim nemodinamskim poremećajima. Prema tome, cilj ovog rada je bio da se ispita da li minimalna letalna doza zračenja (9 Gy) menja reaktivnost srčanog mišića prema pilokarpinu i atropinu, specifičnom agonisti i antagonistu muskarinskih receptora.

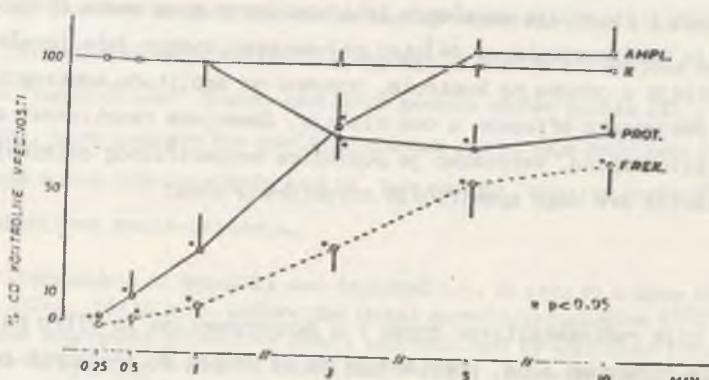
MATERIJAL I METODE

Eksperimenti su radjeni na izolovanom perfundovanom srcu pacova, oba pola, telесne mase od 200 do 300 grama, po metodi Langendorffa. Životinje su ozračene

letalnom dozom gama zraka ($9 \text{ Gy} / \text{LD}_{100/30}$) i 4. i 7. dana posle tega žrtvovane. Ispitani su efekti pilokarpina u količini od $10 \mu\text{mol-a}$, kao i antagonističko dejstvo atropina ($0.006 \mu\text{mol-a}$) u kontrolnih i ozračenih pacova. Efekti su procenjivani u odnosu na amplitudu kontrakcija, frekvenciju srčanog rada i koronarni protok.

REZULTATI I DISKUSIJA

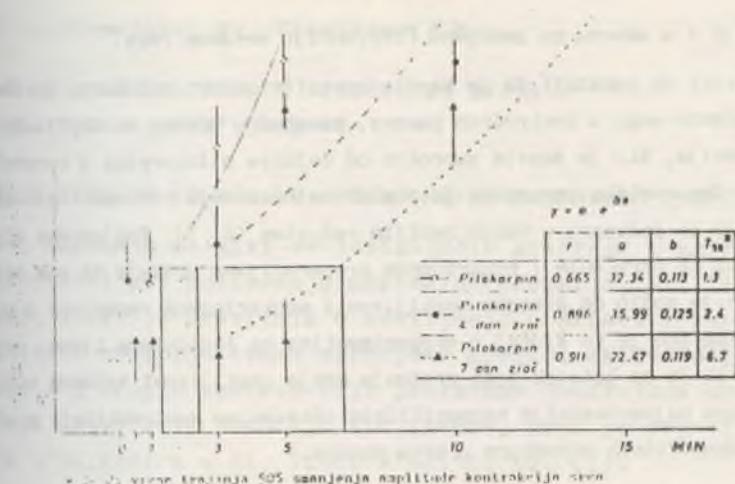
Neposredno posle injiciranja pilokarpin izaziva zastoj srca u trajanju od 15 do 30 sekundi (slika 1). U daljem toku amplituda kontrakcije i frekvencija sr-



Slika 1. Uticaj pilokarpina na spontanu aktivnost i koronarni protok izolovanog perfundovanog srca pacova

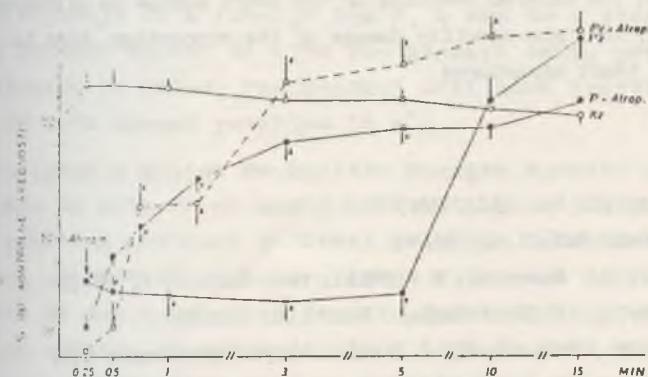
čanog rada postepeno se povećavaju na 105% i 60% kontrolne vrednosti. Najslabiji efekat pilokarpin prouzrokuje na koronarni protok.

U ozračenih životinja efekti pilokarpina na izolovano srce su znatno jače izraženi. Regresionom analizom je pokazano (slika 2) da je vreme trajanja 50%-tnog bloka amplitude srčanih kontrakcija (T-50), za pilokarpin u kontrolnih - neozračenih životinja 1.3 minuta, četvrtog dana posle zračenja 2.4 minuta, sedmog dana 6.7 minuta. Slične promene, ali slabijeg intenziteta, nadjene su i u odnosu na frekvenciju srčanog rada. Sedmog dana posle zračenja, vreme trajanja 50%-tnog bloka bilo je dvostruko duže u odnosu na kontrolu, za razliku od efekata na amplitudu kontrakcija gde je dejstvo bilo 5 puta veće.



Slika 2. Uticaj pilokarpina na amplitudu kontrakcije izolovanog sreca pacova u kontrolnih i ozračenih životinja

Iako je depresivni efekt pilokarpina na srce ozračenih pacova bio znatno jači nego u kontrolnih, atropin je bio podjednako efikasan (slika 3). Sedmog dana posle zračenja, atropin primenjen 15 sekundi posle pilokarpina je vrlo brzo i efikasno uspostavio normalnu kontrakciju srca, tako da je njegovo antagonističko dejstvo čak i više izraženo u ozračenih nego u kontrolnih preparata. Ovakav



Slika 3. Uticaj atropina na amplitudu kontrakcije izolovanog srca pacova tretiranog pilokarpinom u kontrolnih i ozračenih životinja (7. dan)

efekt dobijen je i u odnosu na smanjenu frekvenciju srčanog rada.

Dobijeni rezultati su pokazali da je kardiodepresivni efekt pilokarpina više izražen u ozraćenih nego u kontrolnih pacova, posebno u odnosu na amplitudu srčanih kontrakcija, što je sasvim suprotno od dejstva pilokarpina u neozraćenih životinja. Ova razlika verovatno je posledica oštećenja kontraktilnih miofibrila, kako je to pokazano u nekim ranijim radovima (2, 3). Podjednaka efektivnost atropina na ozraćenim i neozraćenim preparacijama ukazuje da pod dejstvom zračenja nije došlo do promene osjetljivosti muskarinskog receptora u srčanom mišiću, kao što je to slučaj u eksperimentima na izolovanom ileumu pacova (5). Zaključak je da letalna doza zračenja menja osjetljivost srčanog mišića prema pilokarpinu najverovatnije nespecifičnim oštećenjem kontraktilnih miofibrila pre nego specifičnih struktura u srcu pacova.

THE EFFECTS OF SOME AUTONOMIC DRUGS ON THE ISOLATED PERFUSED HEART OF IRRADIATED RAT

SUMMARY: The effect of pilocarpine and atropine on the isolated perfused heart of rat, previously irradiated with gamma rays (9 Gy), has been investigated. It has been found that the cardiovascular effects of pilocarpine are much greater in irradiated animals, than in the control ones, especially regarding to the amplitude of the heart muscle contractions. Atropine was, however, equally effective in both groups. The altered reaction of the heart muscle to pilocarpine is due, more likely, to a non-specific damage of the myocardium, than to the injury of specific heart structures.

LITERATURA

1. Doull, J. (1967). Radiat. Res. 30, 333-342.
2. Koroza, S. (1957). Med. Radiol. 6, 41-43.
3. Teplov, I., Sverdlov, V., Korovkin, B. (1959). Med. Radiol. 4, 27-33.
4. Timmerman, R., Gerber, G. (1984). Radiat. Res. 100, 510-518.
5. Danysz, A., Polocki, B., Szaykowski, A. (1966). Strahlentherapie 130, 579-585.

Košutić D., Tomašević M., Djambasević M.

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

KORIŠĆENJE RENDGEN APARATA U SVETLU NOVIH ZAKONSKIH PROPISA

Na osnovu Zakona o zaštiti od ionizujućih zračenja i posebnim mera sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije, Sl. list SFRJ br. 68/84, donet je Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenje radioaktivnih materija iznad odredjene granice aktivnosti, rendgen aparata i drugih aparata koji proizvode ionizujuća zračenja i o mera zaštite od zračenja tih izvora, koji je objavljen 18. jula 1986. godine u Sl. listu SFRJ br. 40. (1).

Ovim zakonskim propisom znatno su proširene obaveze ne samo radni organizacija koje koriste rendgen aparate, već i radnih organizacija koje vrše dozimetrijska merenja i kontrolu zaštitnih sredstava.

Izmene koje je ovaj propis doneo odnose se najpre na kriterijume koje treba imati u vidu kada se planiraju uslovi smeštaja rendgen aparata. Tako sada prostorija u kojoj se koristi rendgen aparat za prosvetljivanje i snimanje pacijenata mora imati površinu od najmanje 20 m^2 /ranije 16 m^2 /, a ako se u jednoj prostoriji koristi rendgen aparat sa više rendgenskih cevi, površina prostorije računata po jednoj rendgenskoj cesti mora iznositi najmanje 15 m^2 / do sada ukupna površina 16 m^2 /.

U prostorijama u kojima se koriste rendgen aparati za snimanje pacijenata do sada se mogli koristiti za zaštitu rendgen tehničara pokretni zaštitni paravani veličine $120 \times 180\text{ cm}$.

Međutim, od sada se njihova primena više neće tolerisati, jer je utvrđeno da oni u uslovima rendgen snimanja ne pružaju zadovoljavajuću zaštitu od zračenja. Zbog toga se sada zahteva da komandni sto dijagnostičkog rendgen aparata koji se koristi za snimanje mora biti postavljen ili u zasebnoj prostoriji ili u zaštitnoj kabini.

Zaštitna sredstva, ugradjena na rendgen aparatima, kao što su zaštitne pregače i slična, moraju biti ispravna u uskladjenosti sa zakonskim propisima.

Posebna pažnja prilikom dozimetrijske kontrole rendgen aparata treba da se posveti proveri uredjaja za ograničavanje korisnog snopa zračenja, stim da vizuelni indikator ozračenog polja ne sme prikazivati razliku u veličini ozračenog polja veću od 2% od vrednosti rastojanja izmedju fokusa rendgenske cevi i filma.

Ova se veličina mora obavezno kontrolisati kod svakog rendgen aparata koji se koristi za snimanje pacijenata. Ukoliko se utvrdi da su odstupanja veća od date vrednosti, takav aparat treba tretirati kao neispravan za upotrebu u medicinskoj rendgen dijagnostici.

Novima u zakonskom propisu je i odredba kojom se određuje da je proizvodjač rendgen aparata obavezan da uz ostalu dokumentaciju korisniku uruči i mišljenje o kvalitetu izvedene zaštite od jonizujućeg zračenja. Ova se odredba takođe odnosi i na aparate koji nisu izvori jonizujućih zračenja, ali koji prilikom rada mogu da emituju rendgensko zračenje, kao što je npr. slučaj sa pacijentima za prijem TV-programa u boji.

Zaključak

Iz navedenih primerova može se videti da je novi zakonski propis o stavljanju u promet i korišćenju rendgen aparata znatno oštřiji od prethodnog. Kako su donete izmene suštinske prirode, a u nekim slučajevima primena novog propisa zahteva i velika finansijska ulaganja, kao što je npr. uslov smeštaja rendgen aparata, to je članom 119 Pravilnika predviđeno da se odredba člara 71 neće odnositi na rendgen aparate koji su pušteni u rad do stupanja na snagu ovog Pravilnika i to do prve rekonstrukcije objekta, odnosno prostorije, stim da se u postojećim prostorijama ne sme vršiti zamena tih aparata.

Medjutim, kada se radi o stavljanju u promet i korišćenju izvora jonizujućih zračenja u medicinskoj dijagnostici treba proučiti i druge zakonske propise koji su takođe objavljeni u Sl.istru SFRJ br. 40/86.

Summary

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF RADIATION PROTECTION
Novi Sad, 08-11. June 1987

Košutić D., Tomašević., Djambasević M.

USING OF X-RAY APPARATUS IN THE LIGHT OF
THE NEW LAW REGULATIONS

By passing the new law regulations in the field of radiological protection, the requirements for location and operating rules for X-Ray apparatus are intensified significantly.

The regulations claim for larger rooms, better ventilation and protection of patients and personnel.

USING X-RAY APPARATUS

Literatura

1. Službeni list SFRJ broj 40 od 18. jula 1986.godine.

RADNA JEDINICA ZA
ZDRAVSTVENU ZAŠTITU
RADNIKA MEDICINSKИ CENTAR
VARAŽDIN

MOGUĆNOSTI PREVENCIJE I ZAŠTITE ZDRAVSTVENIH RADNIKA EKSPO-
NIRANIH I ONIZACIJSKOM ZRAČENJU

Majski - Cesarec Slavenka

U V O D

"Svatko ima pravo na zaštitu zdravlja" (član 186. Ustava SFRJ i član 1. Zakona o zdravstvenoj zaštiti i zdravstvenom osiguranju SRH).

Gledamo li ovo zakonsko načelo u sklopu zanimanja iz područja zdravstvene struke, tada bi se moglo reći da se zdravstveni radnici tek po nekad sjete svojih prava na zdravljje. Jesu li to samo prava, ili i dužnosti, obaveze? Kroz ovaj kratak prikaz želim se zadрžati samo na jednom dijelu u tehnološkom procesu zdravstvene djelatnosti - izloženost izvorima ionizacijskog zračenja, odnosno na činjenicama, problemima i mogućnostima vezanim za sudionike djelatnosti koja je definirana kao djelatnost od posebnog društvenog interesa. (1., 2., 4., 7.).

MATERIJAL I METODE

Analiza medicinske dokumentacije vezane za preglede zdravstvenih radnika izloženih izvorima ionizacijskog zračenja u radnoj jedinici za zdravstvenu zaštitu radnika Medicinskog centra Varaždin, a zaposlenih u Medicinskom centru Varaždin, Medicinskom centru Čakovec, Domu zdravlja Novi Marof, Ludbreg i Ivanec, a u sklopu važećih zakonskih propisa. (2., 4., 7., 8.).

DISKUSIJA

Obzirom na činjenicu da je preventivna zdravstvena zaštita radnika zaposlenih u zdravstvu naročito složeni problem, nije mi namjera prikazati kroz brojke i postotke sposobne, ograničeno sposobne ili nesposobne ili pak kroz broj izdanih rješenja Republičkog sanitarnog inspektora o zabrani rada sa izvorima ionizirajućih zračenja, već kroz kompleksno sagledavanje uloge i položaja zaposlenih u zdravstvu prikazati problem što realnije ... moguće mjere prevencije.

Kratki prikaz patoloških nalaza po profilima zaposlenih:

lijeknici specijalisti radiolozi sa radnim stažom duljim od 15 godina imaju eventualno oštećenja očne leče dok RTG tehničari sa SSS i VŠSS uz radni staž dulji od 10 godina posjeduju minimalnu kapilaroskop-ske promjene, oštećenja očne leče, te granične hematološke nalaze.

Navedeni profili radnika imaju kritički stav u odnosu na ličnu zaštitu na radu, pridržavaju se mogućih preventivnih mjera, a zahvaljujući dobrom poznavanju djelovanja ionizacijskog zračenja, što je ugradeno u edukaciju tijekom školovanja odnosno specijalizacije.

Patološki nalazi u vidu depilacije, aktiničkog dermatitisa, ulceroznih promjena, pa čak i tumoroznih tvorba na šakama, uz patološku kapilaroskopiju i patološki kariogram, te nešto rijede promjene na potkoljenicama i stopalima uz granične i patološke hematološke nalaze, karakteristika su nalaza kirurga-traumatologa, kirurga, instrumentarki, anesteziologa i anestezijoloških tehničara. Odnos prema ličnoj zaštiti na radnom mjestu neadekvatan, što smatram da je isključivo vezano za prirodu posla - hitnost i nemogućnost planiranja broja intervencija i duljine pojedinih zahvata. Značajne patološke promjene isključivo na šakama nadene su kod ginekologa sa radnim stažom duljim od 10 godina, a koji se bave histerografijom.

U zaposlenih radnika u nuklearnoj medicini nadu se

promjene na očnoj leći, te u hematološkim nalazima. Zapažen je pozitivan odnos prema mogućim mjerama lične i tehničke zaštite, kao i prema kontrolnim pregledima, uz dobro poznavanje osobina, štetnosti i posljedica djelovanja radioizotopa iz radnog procesa. U urološkoj djelatnosti nadene su minimalne patološke promjene uz nekritičan stav zaposlenih u odnosu na moguće štetnosti vezane za primjenu novih metoda operativnih zahvata urotrakta pod kontrolom RTG aparata.

Radnici koji se samo povremeno izlažu izvorima ionizacijskog zračenja za sada nemaju patoloških nalaza (ortopedi, stomatolozi, mlađi pulmolozi, medicinske sestre i tehničari odjela za dječje bolesti, administrativni radnici i radnici na održavanju čistote odjela i prostorija u kojima se radi sa izvorima zračenja).

Nakon prikaza ključnih nalaza slijedi konstatacija, da je zdravstvenim radnicima briga o zdravlju korisnika osnovna vodilja u toku rada i zbrinjavanje bolesnika, ali tri-ga o vlastitom zdravlju ostaje negdje na kraju puta zvanog radni vijek. (3., 5., 6., 8.). Na pitanje kako ugraditi ovu nužnost u življenje zdravstvenih radnika slijede razmišljanja:

1. U toku srednjoškolskog obrazovanja zdravstvenih profila uz učenje o zaštiti zdravlja ugraditi integralno i osobnu zaštitu zdravlja kao pravo i obavezu svakog budućeg zdravstvenog radnika;

2. U fakultetskom obrazovanju proširiti i naglasiti štetnosti vezane za radna mjesta budućeg zdravstvenog radnika, te obavezne preventivne zahvate i brigu o vlastitom zdravlju;

3. pri izboru grane medicinske djelatnosti voditi brigu o poznatim kontraindikacijama vezanim za rad uz izvore ionizacijskog zračenja, te preciznim prethodnim pregledima selektivno djelovati;

4. U programe specijalizacije radiologije, kirurgije, anesteziolijke, ginekologije i urologije, obavezno ugraditi dio saznanja o profesionalnoj štetnosti ionizacijskog zračenja, kao i posljedicama mogućih profesionalnih oštećenja i bolesti; i

5. Kontinuirana edukacija vezana za očuvanje vlastitog zdravlja, a u svijetlu saznanja tehnoloških dostignuća na području dijagnostike i terapije primjenom ionizantnih zračenja.

ZAKLJUČAK

Zdravlje općenito, a naročito zdravlje zdravstvenih radnika eksponiranih ionizacijskom zračenju je produkt naslijeda i ekoloških faktora. Nasljede moramo spoznati i prihvatići, a na ekološke faktore dakle na okolinu moramo i možemo djelovati znanjem i saznanjem o svim faktorima koji nas okružuju uključivši i nužnost saznanja o štetnom djelovanju ionizacijskog zračenja kao profesionalne nokse. Umjesto daljnog komentara slijedi citat profesora dr B. Kesića: "... zdravlje pojedinca i naroda kao cjeline ne gradi medicina, pa ni ona oblikovana u najbolji i najsuvremeniji sistem zdravstvene zaštite, već one snage koje podižu njihovo znanje i blagostanje i lome njihovu zaostalost. Zdravlje se radi u krilu električne energije suvremene industrije i agrikulture, uz živu riječ učitelja, uz pomoć kulturnih i rekreativnih ustanova, a zdravstvena zaštita ima pri tome važnu, ali sekundarnu ulogu." (1.) Pri tome mislim na sistem zdravstvene zaštite čiji je osnovni princip aktivna preventivna medicina, kojoj nije objekt samo bolesnik, već prvenstveno zdrav čovjek - socijalno biće koje živi u specifičnoj okolini i pripada određenoj populaciji - dakle zdravstveni radnik u snopu ionizacijskih zračenja, koje bolesniku često život znači.

XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja

Preventive Measures against Exposure from
Ionizing Radiation Sources in Medical
Practice

Majski - Cesared S., Department of Occupational
Health Medical Centre - Varaždin

A b s t r a c t

Effective preventive measures against exposure from ionizing radiation sources are reviewed with regard to safety at work of medical personnel exposed to radiation periodically or continually. In this context health is determined as the interaction between biological inheritance and impact of the environment. The cause-knowledge-consequence pattern has been followed in the presentation and discussion of the material.

LITERATURA

1. Kesić B.: Život i zdravlje - poruke onima koji dolaze, JAZU i Stvarnost, Zagreb, 1983. 463-487
2. Medicinska dokumentacija preventivnih pregleda radnika eksponiranih ionizantnom zračenju - Medicinski centar Varaždin
3. Fechē D.: Strahlenschutz in der Arbeitswelt "25. Jahre medicinischer Strahlenschutz" Band XXVI, Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York 1985.: 143-146
4. Pravilnik o stručnoj spremi, zdravstvenim uvjetima i zdravstvenim pregledima osoba koje mogu raditi s izvorima ionizirajućih zračenja, "Službeni list SFRJ", br. 40/86
5. Valentin H., Lehnert G., Petry H., Weber G., Wittgens H., Woitowitz H. J.: Arbeitsmedizin, Band 1. Georg Theime Verlag Stuttgart - New York 1985. 197-200
6. Valentin H., Lehnert G., Petry H., Weber G., Wittgens H., Woitowitz H. J.: Arbeitsmedizin, Band 2. Georg Theime Verlag Stuttgart - New York 1985. 150-156
7. Zakon o zdravstvenoj zaštiti i zdravstvenom osiguranju SRH, Zagreb, 1980
8. Zbornik radova "Zdravstveni i dozimetrijski nadzor osoba zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja", Stubičke Toplice, 1986.

EPIDEMIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA UČINAKA PROFESIONALNE IZLOŽENOSTI RADIO-VALNOM ZRAČENJU

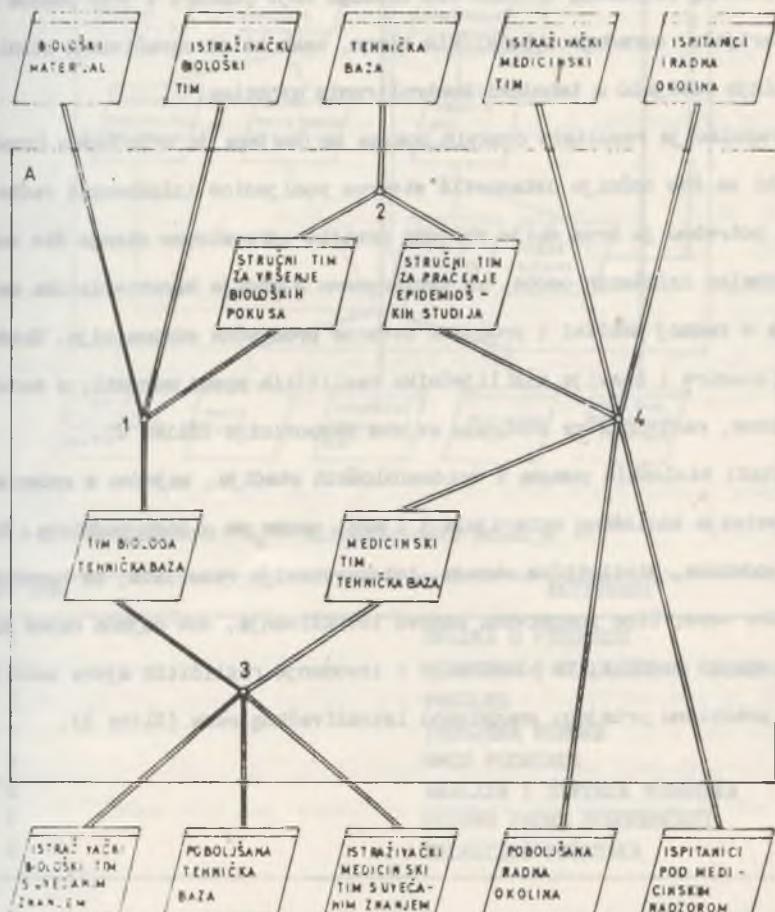
Goldoni J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

U radu je prikazan plan istraživanja biomedicinskih učinaka radio-valnog zračenja, s posebnim osvrtom na vodenje epidemioloških studija, te statističku evaluaciju i interpretaciju dobivenih podataka.

Za prikaz informacijskih tokova je korištena notacija predložena od autora projekta ISAC (Information Systems and Analysis of Changes).

Biomedicinski učinci radio-valnog zračenja se istražuju na dvije razine: putem bioloških in vitro i in vivo studija, te epidemiološkim studijama (Slika 1).



Slika 1. Istraživački podsistemi: Istraživanje biomedicinskih učinaka radio-valnog zračenja

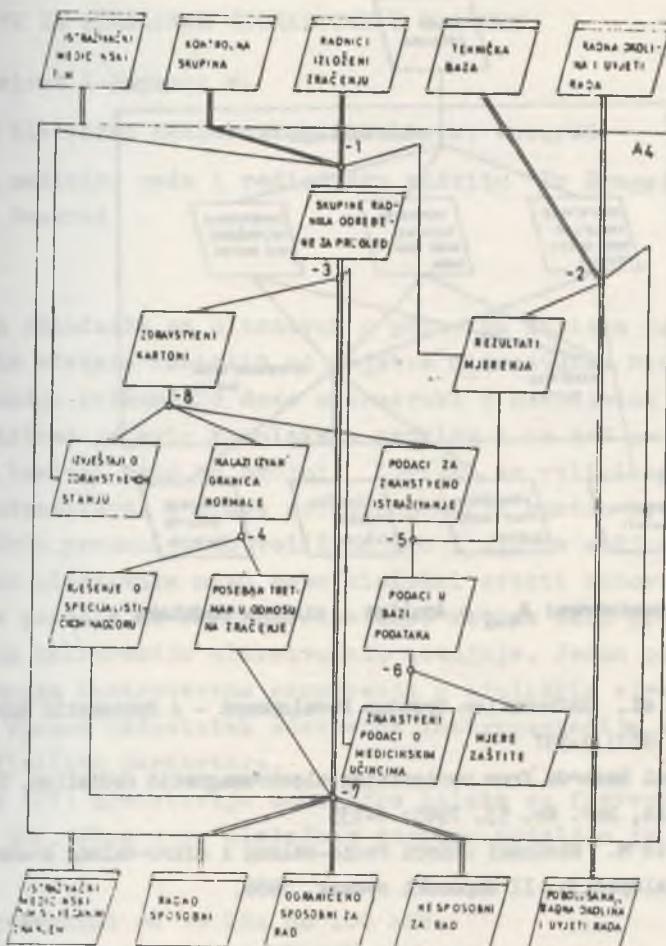
REFERENTNI KOD	AKTIVNOST
A 1	ODREĐIVANJE PROTOKOLA I VRŠENJE POKUSA
A 2	FORMIRANJE STRUČNIH TIMOVA
A 3	ZNANSTVENA VERIFIKACIJA
A 4	EPIDEMIOLOŠKE STUDIJE

Zapovjed je korištena metodologija koju je razvila grupa stručnjaka sa Royal Institute of Technology i University of Stockholm iz Švedske u okviru projekta Information Systems Work and Analysis of Changes (ISAC) (1).

Istraživanje bioloških učinaka zračenja se vrši u svrhu otkrivanja temeljnih mehanizama interakcije elektromagnetskih valova i tkiva, kao i odnosa apsorbirane doze i opaženog biološkog učinka. Tim biologa koji planira i vrši pokuse na biološkom materijalu, suraduje s tehničkim timom, kako bi se ozračivanje stanica, tkiva i životinja odvijalo u tehnički kontroliranim uvjetima.

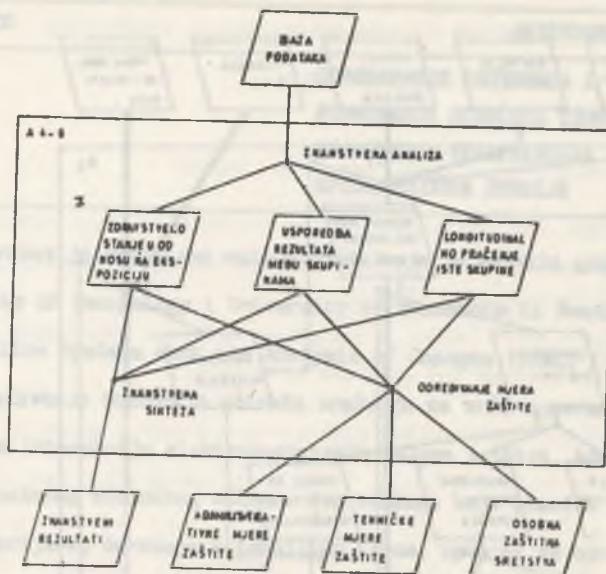
Ekstrapolacija rezultata ovakvih pokusa na čovjeka je vrlo teško izvodljiva (2,3). Da bi se što točnije ustanovile stvarne posljedice izloženosti radio-valnom zračenju, potrebno je kroz dulje vrijeme pratiti zdravstveno stanje što većeg broja profesionalno izloženih osoba, uz istovremeno mjerjenje karakteristika emitiranog zračenja u radnoj okolini i procjenu stvarne prosječne ekspozicije. Epidemiološke studije planira i obavlja tim liječnika različitih specijalnosti, u suradnji s tehničkim timom, nadležnim za kontrolu uvjeta ekspozicije (Slika 2).

Rezultati bioloških pokusa i epidemioloških studija, zajedno s podacima o uvjetima ekspozicije biološkog materijala i ljudi, unose se u bazu podataka. Sredjanje baze podataka, statistička obrada, interpretacija rezultata, te korekcije u krugu povratne veze, čine znanstvenu osnovu istraživanja, dok ocjena radne sposobnosti pregledanih radnika, te planiranje i izvođenje različitih mjera zaštite, predstavljaju praktičnu primjenu znanstveno istraživačkog rada (Slika 3).



Slika 2. A graf podsistema: A₄ - Epidemiološke studije

REFERENTNI KOD	AKTIVNOST
A 4 - 1	ODLUKA O PREGLEDU
A 4 - 2	MJERENJA I POBOLJŠANJA RADNE OKOLINE
A 4 - 3	PREGLED
A 4 - 4	PROCJENA UZROKA
A 4 - 5	UNOS PODATAKA
A 4 - 6	ANALIZA I SINTEZA PODATAKA
A 4 - 7	OCJENA RADNE SPOSOBNOSTI
A 4 - 8	SELEKCIJA PODATAKA



Slika 3. A graf podsistema: A₄₋₆ = Analiza i sinteza podataka

Literatura

1. Lundeberg M. et al. Information Systems Development - A Systematic Approach, Prentice-Hall, 1981: 1-337
2. ILO. Occupational hazards from nonionizing electromagnetic radiation, Occup. Safety and Health, Ser. No. 53, 1985: 1-135
3. Goldoni J., Šarić M. Biološki učinci radio-valnog i mikro-valnog zračenja, Medicinska enciklopedija, II dopunski svezak, 1986.

Abstract

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 08-11. juni 1987.

Goldoni J.

EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF EFFECTS OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO RADIO-WAVES

In the paper a plan for biomedical effects of radio-waves research is presented, with particular reference to epidemiological studies and statistical evaluation of collected data.

For presentation the method suggested by the authors of the project ISAC (Information Systems Work and Analysis of Change) has been used.

OSNOVNE NORME ZA IZLAGANJE ULTRAZVUKU U VAZDUHU

Simonović Jelena i Jeremić M.

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragoljub Karajović", Beograd

Uvod

Uvodjenje standarda za ultrazvuk u principu zahteva poznavanje bioloških efekata nastalih od dejstva ultrazvuka. Međutim, korelacija između primenjene doze ultrazvuka i određenog odgovora biološkog sistema je vrlo kompleksan problem i za sad ne postoji u potpunosti. Razlozi zato su brojni. Koristi se veliki opseg frekvencija i intenziteta. S druge strane, postoji znatan broj fizičkih i bioloških promenljivih veličina kao i njihov medjusobni odnos.

Za primenu ultrazvuka nisu samo biološki efekti nedovoljno poznati, već ne postoje ni međunarodne test metode niti precizne mere tehnike za kalibraciju ultrazvučnih uređaja. Jedan od glavnih razloga za mnoga kontroverzna saopštenja o biološkim efektima ultrazvuka je upravo nedostatak adekvatne instrumentacije za mere nje određenih fizičkih parametara.

Ultrazvuk (UV) predstavlja mehaničke talase sa frekvencijama od 16 kHz do 1 GHz. Zbog svog biološkog dejstva podeljen je u tri oblasti:

- niskofrekventna od 16 kHz do 100 kHz,
- srednjefrekventna od 100 kHz do 10 MHz i
- visokofrekventna od 10 MHz do 1 GHz.

U praksi se primenjuju tehnološki izvori UZ. Oni se koriste u mnogim industrijskim procesima u vidu generatora UZ, sirena, gasnih turbina sa reaktivnim i drugim motorima velike snage, u podvodnoj navigaciji i komunikacijama, u okeanografiji, agrikulturi, u trgovini u vidu artikala široke potrošnje, u medicini i stomatologiji. U industrijskoj primeni uglavnom se koristi UZ iz niskofrekventne oblasti, dok u medicini i stomatologiji se primenjuje srednjefrekventni UZ.

Norme izlaganja

Izlaganje ultrazvuku može se vršiti: 1) preko vazduha kada UZ izaziva opšte dejstvo na organizam, što je slučaj za niskofrek-

ventnu oblast; 2) preko kontaktnog materijala (tečnog ili čvrstog) i 3) direktno preko UZ uređaja. Ultrazvuk srednjih i visokih frekvencija se zbog svoje velike apsorpcije u vazduhu slabo prestire kroz vazduh. Zbog toga se praktično vazduh može smatrati kao izvesna barijera za ultrazvuk ovakvih frekvencija, koji inače predstavlja rizik za izvesnu osobu samo onda ako je ona u direktnom kontaktu sa generatorom UZ, odnosno, u slučaju nepropisnih radnih uslova.

U principu u zaštiti od UZ zračenja postoje dve vrste normi. Emisione norme odnose se na opremu ili uređaj i određuju maksimalnu emisionu (izlažnu) snagu (W) ili intenzitet (W/m^2), posebno za uređaje s kontinuiranim a posebno sa pulsnim talasima. Ekspozicione norme ili norme izlaganja primenjuju se u ličnoj zaštiti i odnose se na maksimalne nivoje izlaganja., koji se najčešće izražavaju preko nivoa intenziteta I_L (dB) ili preko nivoa zvučnog pritiska I_p (dB).

$$I_L = 10 \log (I/I_0), \text{ gde je } I_0 = 10^{-12} W/m^2 \text{ i}$$

$$I_p = 20 \log (p/p_0), \text{ gde je } p_0 = 20 \mu Pa.$$

Granice izlaganja ultrazvuku u vazduhu

Prilikom primene ultrezvuka čovek je po pravilu izložen i dejstvu zvučnih talasa. Dokazalo se da je UZ u vazduhu kod industrijske primene UZ znatno manje štetan od visokih čujnih frekvencija istog intenziteta. Granice izlaganja ultrazvuku u vazduhu za profesionalce ograničene su na trećinskoektavni opseg u niskofrekventnoj oblasti. U Tabeli 1. date su granice kontinuiranog izlaganja profesionalaca za 8h za UZ u vazduhu.

Tabela 1. Granice kontinuiranog izlaganja UZ-u u vazduhu za profesionalce

Srednja frekvencija trećinskog oktavnog opsega (kHz)	Nivo zvučnog pritiska (dB)
20	75
25	110
31,5	110
40	110
50	110
60	110
80	110
100	110

Navedene granice izlaganja mogu biti i veće ako se koristi kraće vreme (Tabela 2.) ili ako su radnici snabdeveni odgovarajućim

zaštitnim sredstvima.

Tabela 2. Korekcione vrednosti uz Tabelu 1.

Ukupno trajanje izlaganja (h)	Korekcija za nivo zvučnog pritiska (dB)
2 - 4	+ 3
1 - 2	+ 6
0 - 1	+ 9

U Tabeli 3 date su granice kontinuiranog izlaganja stanovništva UZ-u u vazduhu.

Tabela 3. Granice kontinuiranog izlaganja stanovništva UZ-u u vazduhu

Srednja frekvencija trećinskog oktavnog opsega (kHz)	Nivo zvučnog pritiska (dB)
20	70
25	100
31,5	100
40	100
50	100
60	100
80	100
100	100

Mere zaštite

Za izlaganje UZ-u u vazduhu postoje tehničke i medicinske mere zaštite.

Tehničke mere zaštite odnose se na određene radne uslove i na korišćenje ličnih zaštitnih sredstava.

Zahtevani radni uslovi nalažu:

- eliminisanje direktnog kontakta sa generatorom UZ, odnosno automatsko ili daljinsko upravljanje,
- izbor uredjaja i tretmana sa minimalnim intenzitetom UZ-a,
- izbor postupaka s minimalnim vremenom izlaganja,
- korišćenje minimalne frekvencije od 22 kHz,
- korišćenje zaštitnih sredstava za UZ uredjaje u vidu hauba ili ekrana obloženih materijalima koji dobro apsorbuju UZ(guma) i
- obaveznu informisanost osoblja o prirodi i dejstvu UZ i buke, kao i o odgovarajućim merama predostrožnosti.

Zaključak

Sve šira primena ultrazvuka i masovnije izlaganje ultrazvuku u vazduhu zahteva da se uspostave izvesne norme, koje u nas za sad ne postoje. Dobijeni podaci o biološkim efektima ovog agensa nisu još dovoljno istraženi, pa su potrebita dalja izučavanja na tom polju. Zbog toga su predložene granice podložne daljim dopunama.

Literatura

1. Woeber K.: "The effect of ultrasound in the treatment of cancer" In.: Kelly E. ed. Ultrasonic energy, Illinois Univer. Press, 1965, 147-149.
2. Williams A.R.: "Biological effects of ultrasound". London, Acad. Press, 1982.
3. "Environmental Health Criteria 22 - Ultrasound". World Health Organisation, Geneva, 1982.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF RADIATION PROTECTION

Novi Sad, June 8-11.1987.

Simonović J. and M. Jeremić

BASIC NORMS FOR ULTRASOUND EXPOSURE IN AIR

Besime. Exposure limits for ultrasound in air are proposed for professional staff and also for the general population.

OPŠTE DEJSTVO ULTRAZVUKA I RI TERAPIJSKOJ PRIMENI

Milićević S., M. Antonić, J. Simonović

Vojnomedicinska akademija, Beograd

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

Uvod

Pod ultrazvukom se označavaju mehanički talasi ili oscilacije materijalne sredine sa frekvencijom od $2 \cdot 10^4$ do 10^9 Hz. Ultrazvuk se primenjuje u raznim granama ljudske delatnosti, pa i u medicini za dijagnostičke i terapijske svrhe (1). Prema biološkim efektima ultrazvuk se svrstava u nejonizujuće zračenje. Mi smo izučavali neka opšta dejstva ultrazvuka pri primeni u terapiji.

Materijal i metode rada

Grupa od 32 bolesnika sa tegobama u lumbalnom ili cervikalnom delu kične lečena je ultrazvukom. U toku 10 dana primenjivano je zračenje ultrazvuka frekvencije 800 kHz, svakodnevno 5 minuta na površini 20 · 10 cm iznad mesta bola. Kao generator je korišćen aparat Ultrasonik-T, proizvodnje SI Niš, sa sondom prečnika 5 cm i gustine snage zračenja $5 \cdot 10^3$ W/m² ($0,5$ W/cm²). Starosna struktura bolesnika je oko 50 ± 10 godina.

Prije, na kraju i 10 dana po završetku terapije svakom bolesniku je uzeta krv za veći broj analiza: hematološke, biohemiske, proteinogram, enzimi i imunoglobulini. Na taj način je stvorena mogućnost uporedjivanja dobijenih parametara pre i posle terapije. Sva statistička obrada podataka obavljena je uz pomoć kalkulatora firme Hewlett Packard, 9825 B, SAD.

Rezultati rada i diskusija

Na tabeli 1 su prikazani samo neki, reprezentativni rezultati. Od hematoloških analiza broj eritrocita i vrednosti hemoglobina su nešto veći na kraju terapije, dok je broj leukocita i trombocita smanjen. U diferencijalnoj krvnoj slici nema bitnih razlika.

Vrednosti svih imunoglobulina su nešto smanjene. Nivoi transaminaza su takođe smanjeni, dok su vrednosti nekih enzima (LDH-p i CK) povećane. Proteinogram nije bitno promenjen posle terapije, sem nešto smanjenih vrednosti albumina. Od biohemijskih analiza jedino su povećane vrednosti mokraće kiseline (statistički značajno), dok je povećanje drugih parametara neznatno.

Analiza posmatranih parametara 10 dana posle terapije pokazuje da su pojedinačne vrednosti uglavnom povećane, tako da su razlike još veće u odnosu na prvi pregled.

Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da primena ultrazvuka u terapiji daje neke opšte promene u organizmu. Vrednosti posmatranih parametara su u granicama normale, ali treba biti oprezan. Može se očekivati da pri povećanju gustine zračenja ili dužoj ekspoziciji nastanu i patološke promene (2). Indikacije za primenu ultrazvuka u terapiji su različite (3). Najpoznatiji mehanizmi dejstva ultrazvuka su: mehanički, topotni, fizičko-hemijski i dr. Cilj terapijske primene ultrazvuka su prvenstveno topotni efekti, ali nisu isključeni i drugi (4). Koji su mehanizmi promena vrednosti pojedinih parametara u ovom radu je teško reći. Isto tako je nemoguće tvrditi da li su promene nastale usled direktnog dejstva ultrazvuka na pojedine organe ili nastaju indirektno, preko nekih toksičnih produkata. Može se pretpostaviti da povećane vrednosti mokraće kiseline nastaju od direktnog dejstva ultrazvuka na bubrege pri terapiji lumbalnog sindroma.

Sa stanovišta zaštite treba voditi računa o dejstvu ultra-

Tabela 1

Red. br.	Opisani parametri	n	Grupa	Srednja vrednost ± standardna devijacija	Standardna greska	P
1	Eritrociti	I	32	4,11 ± 0,42	0,07	< 0,8
		II	32	4,18 ± 0,49	0,09	
2	Leukociti	I	32	6,77 ± 1,33	0,24	< 0,6
		II	32	6,50 ± 1,28	0,23	
3	IgG	I	32	12,41 ± 3,06	0,54	< 0,7
		II	32	12,07 ± 2,32	0,41	
4	LDH-P	I	32	170,31 ± 36,98	6,54	> 0,1
		II	32	176,44 ± 39,11	6,91	
5	CK	I	31	72,16 ± 35,95	6,46	< 0,05
		II	32	79,01 ± 39,41	6,97	
6	Holesterol	I	32	6,15 ± 1,29	0,23	< 0,9
		II	32	6,19 ± 1,35	0,24	
7	Glukoza	I	32	5,33 ± 1,25	0,22	< 0,3
		II	32	5,94 ± 1,19	0,21	
8	Urea	I	32	5,92 ± 1,30	0,23	< 0,8
		II	32	6,04 ± 1,69	0,30	
9	Mokračna kiselina	I	32	307,06 ± 90,37	15,98	> 0,01
		II	32	322,44 ± 94,34	16,68	
10	Alkalna fosfataza	I	32	56,06 ± 17,53	3,10	< 0,5
		II	32	67,72 ± 19,90	3,52	

- REZULTATI ANALIZE LJEKIH PARAMETARA PRE (I) I NA KRAJU (II)
TERAPIJE ULTRAZVUKOM

zvuka na bolesnike, ali i o mogućnostima profesionalnog oštećenja organizma terapeuta (5).

Zaključak

Rezultati istraživanja pokazuju da ultrazvučni talasi pri primeni u terapiji daju poremećaje nekih parametara. To govori o opštem dejstvu ultrazvuka. Neke efekti su poželjni, ali postoje mogućnosti nastajanja i patoloških promena. Takođe postoji opasnost profesionalnog oštećenja fizioterapeuta. Zbog toga su neophodne preventivne mere zaštite i pri primeni ultrazvuka u terapiji.

Literatura

1. Licul F.: Elektroterapija i elektrodijagnostika, Školska knjiga, Zagreb, 1981:180-200.
2. Suess J.M.: Nonizing Radiation Protection, W.H.O., Copenhagen, 1982: 199-247.
3. Conić Z.: Osnovi fizikalne medicine i rehabilitacije, Naučna knjiga, Beograd, 1978:70-77.
4.: Ultrasound, Environmental Health Criteria 22, W.H.O., Geneva, 1982, 82-125.
5. Prokopenko V.L.: Kontaktnij uljtrazvuk i ego gigieničeskaja značimost kak faktora proizvodstvenoj sredi, Gig. tr. prof. zabol., 1986; 5:24-27.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF THE PROTECTION FROM RADIATION
Novi Sad, June 8-11, 1987.

GENERAL EFFECT OF ULTRASOUND AT THERAPEUTIC APPLICATION
SUMMARY

An analysis of biochemical and other parameters before and after ultrasound therapy in 32 patients with lumbar or cervical syndrome was performed. During the therapy, surface of $20 \times 10 \text{ cm}$ was irradiated by densities of $5 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$, with a probe of 5 cm in diameter, ten days each 5 minutes. At this therapy, ultrasound shows changes of some parameters, but the values are in physiologic limits.

Key words: ultrasound, radiation, therapy

GRANICE IZLAGANJA ZA NEKOHERENTNO INFRACEVENO ZRAČENJE I MERE ZAŠTITE

Jeremić M. i J. Simonović

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Kara-
jović", Beograd

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

Uvod

U spektru elektromagnetskog zračenja infracrveno zračenje (IC) nadovezuje se na crveno zračenje vidljive svetlosti i obuhvata deo spektra sa talasnim dužinama od 780 nm do 1 mm. Zbog svog različitog biološkog dejstva podeljeno je u tri oblasti (1):

IC-A (kratko IC) zračenje od 780 nm do 1,4 μm,

IC-B (srednje IC) zračenje od 1,4 μm do 3 μm i

IC-C (dugo IC) zračenje od 3 μm do 1 mm.

Izvori infracrvenog zračenja mogu biti prirodni i tehnološki.

Najveći prirodni izvor predstavlja Sunce. Skoro polovina Sunčeve energije pripada infracrvenom zračenju, gde druge polovine pripada vidljivoj svetlosti, dok se samo oko 9 % ove energije emituje u obliku ultraljubičastog zračenja (2).

"Ajdžnačajniji tehnološki izvori su visoke peći, svi metali u stanju svog usijanja ili topljenja, električni luk, užarena električna vlakna i neki laseri.

Granice izlaganja infracrvenom zračenju

Do danas nisu ustanovljene zakonske norme o dopustivom izlagaju nekoherentnom infracrvenom zračenju, ni kod nas niti u drugim zemljama. Prema nekim preporukama(3) date su granice izlaganja koje obezbeđuju zaštitu oka od termičkih oštećenja pri industrijskoj primeni izvora infracrvenog zračenja, za osnočasovno radno vreme i za kratkotrajno izlaganje (Tabela 1)(4).

Mere zaštite

Zaštita pri radu sa izvorima infracrvenog zračenja sastoji se od tehničkih i medicinskih mera zaštite.

Tabela 1.

Gronice intenziteta infracrvenog zračenja
za profesionalno izložena lica

Intenzitet (kW/ m ²)	Vreme izlaganja
1	8 h
0,1	nekoliko minuta

Tehničke mere odnose se na primenu opštih i ličnih zaštitnih sredstava. Opšta zaštitna sredstva čine zaštitni ekrani koji se postavljaju izmedju snopa infracrvenog zračenja i račnika koji su izloženi zračenju, ili specijalne kabine. Zaštitni ekrani mogu da budu napravljeni od materijala koji dobro reflektuju infracrveno zračenje (aluminijum, nikl, hrom ili bakar), od materijala pomoću kojih je moguća izmena toplove (zvoždje i čelik), kao i od materijala koji dobro apsorbuju ovo toplotno zračenje (azbest). Među navedenim vrstama ekrana najbolje su se pokazali ekrani reflektujući, u prvom redu aluminijum. Ekrani pomoću kojih se vrši izmena toplove manje su pogodni jer zahtevaju hladjenje vodom. Azbest se još uvek dosta koristi kao dobar apsorber toplove. Čakvi ekrani su pogodni samo u slučaju ako su obloženi odgovarajućom termalnom izolacijom. Lična zaštitna sredstva čini zaštitna radna odeća, najčešće od pamuka ili tkanine obogaćene aluminijskom (aluminizirane) koja vrlo dobro reflektuje infracrveno zračenje. Zaštita očiju vrši se pomoću naočara sa zaštitnim filterima. Poredi naznačenih tehničkih mera zaštite bitni uslovi pri zaštiti od infracrvenog zračenja su i povećanje rastojanja od izvora zračenja, smanjenje temperature izvora i skraćivanje vremena izlaganja. U najvećem broju slučajeva, naročito pri profesionalnom izlaganju, smanjivanje temperature ili povećavanje rastojanja od izvora zračenja nije moguće postići. Pošto se ni pogodnom ventilacijom ne može spriječiti toplotno dejstvo infracrvenog zračenja, najčešće jedinu tehničku zaštitu predstavljaju odgovarajući zaštitni ekrani i lična zaštitna sredstva ili skraćivanje vremena izlaganja zračenju.

Medicinske preventivne mere zaštite imaju za cilj da utvrde zdravstveno stanje lica koja treba da stupe na rad ili rade sa izvorima infracrvenog zračenja, pri čemu se posebna pažnja obraća na eventualna oboljenja ili oštećenja očiju ili kože, i da licima koja

ne ispunjavaju odgovarajuće zdravstvene uslove ne dozvole rad sa tim izvorima. Radnici koji su profesionalno izloženi infracrvenom zračenju tretiraju se kao radnici koji rade pod posebnim uslovima rada i podležu obaveznom pregledu pre stupanja na rad sa tim izvorima i jednogodišnjim kontrolnim periodičnim pregledima (5).

Zaključak

Predložene granice intenziteta infracrvenog zračenja čine doprinos pokrenutoj inicijativi da se u našoj zemlji ustanove odgovarajuće norme o dopustivom izlaganju nejonizujućem zračenju.

Bibliografija

- 1) Comission international de l'éclairage, Internacionál Illumination Macabylary, CIE, Paris, 1970.
- 2) DUFFIE J. Solar energy, in:Enciclopedia Americana, 1976; 25: 188.
- 3) SLINEY D. H. Nonionizing radiation. In:Cralley L.V.ed. Industrial environmental health, Academic Press, New York, 1972, 1: 171-174.
- 4) MCSS C. E., ELLIS R.J. et al. Infrared radiation, In:Nonionizing radiation Protection, World Health Organization, Europ. Ser. Copenhagen, 1982; 10: 69-95.
- 5) JEREMIĆ M. i J. SIMONOVИĆ. Predlog pravilnika za zaštitu od infracrvenog zračenja, Zbornik uvodnih referata JDZZ - Regulisanje zaštite od nejonizujućeg zračenja, Beograd, 1984, 43-45.

EXPOSURE LIMITS FOR INCOHERENT INFRARED RADIATION

Abstract. Exposure limits and protection measures for incoherent infrared radiation are proposed for industrial application of infrared radiaton sources. They are valid for professional staff.

Key words

Infrared radiation, exposure limits, protection measures.

DJELovanje mikrovalnog zračenja na genom ljudskih limfocita

Garaj-Vrhovac V., Horvat Dj., Koren Z., Račić J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UVOD

U novije vrijeme počela su opsežnija istraživanja na području neionizirajućeg zračenja, posebno radio i mikro valova, koja pokrivaju područja frekvencija od 300 MHz do 300 GHz.

Primjena mikrovalnih uređaja u medicini, industriji, telekomunikaciji i drugdje u stalnom je porastu. Njihovo korištenje predstavlja potencijalni rizik od ozračivanja, osobito osoblja koje s njima rukuje.

Pod utjecajem neionizirajućeg zračenja dolazi do oštećenja nervnog, kardiovaskularnog i genitalnog sistema (4). Podaci o genetskim oštećenjima odnose se uglavnom na animalni sistem i stanice u kulturi (1).

Cilj ovog rada bila je analiza strukturalnih aberacija kromosoma i učestalost mikronukleusa u in vitro kulturi ljudskih limfocita izloženih mikrovalnom zračenju.

MATERIJAL I METODA RADA

Kao eksperimentalni materijal korištena je in vitro kultura ljudskih limfocita. Davaoci krvi bile su dvije zdrave osobe bez dijagnostičkog i profesionalnog izlaganja ionizirajućem i neionizirajućem zračenju. Puna krv zdravih ispitanika ozračivana je pri stalnoj frekvenciji od 7,7 GHz i temperaturi od 20 °C, uz promjenu gustoće snage i vremena izloženosti.

Gustoća snage (s)	Vrijeme izloženosti (t)
I s = 30 mW/cm ²	t = 30 minuta i t = 60 minuta
II s = 10 mW/cm ²	t = 30 minuta
III s = 0,5 mW/cm ²	t = 30 minuta

Analize strukturalnih aberacija kromosoma obavljene su na 48-satnim kulturama limfocita i prvim in vitro metafazama.

Za mikronukleus test korištene su 72-satne kulture limfocita, odnosno analizirane su stanice drugog in vitro diobenog ciklusa (2).

REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci dobiveni praćenjem strukturalnih oštećenja kromosoma prikazani su na tablici 1. Svaki tip oštećenja izražen je učestalošću po stanici, dok je ukupan broj oštećenja dat u postotku.

U kontrolnoj skupini nadjeno je na 192 metafaze po jedan kromatidni lom, kromosomski lom i acentrik.

Nasuprot tome, u ozračivanim skupinama, u ovisnosti o promjeni gustoće snage i vremena izloženosti, uočljiv je porast kromosomskih tipova oštećenja. Nadjeni su kromosomski lomovi, acentrici, dicentrični i prstenasti kromosomi, te nekoliko stanica s parcijalnom i potpunom pulverizacijom.

Rezultati ovog in vitro modela pokazali su pravilan odnos gustoće snage, vremenske izloženosti i ukupnog broja oštećenih stanica.

Tipovi kromosomskih aberacija ove studije prisutni su i u osoba profesionalno izloženih mikrovalnim uredajima (3). Takvi rezultati samo potkrepljuju tumačenje uzroka kromosomskih lezija u profesionalno izloženih osoba.

Tablica 1. Strukturna uštećenja kromosoma izazvana mikrovalnim zračenjem frekvencije 7,7 GHz

Snaga mW/cm ²	Vrijeme min.	Broj st.	BROJ ABERACIJA PO STANICI					Parc. pulver.	Pulver- zacija	Abera- cija
			Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Bicentrik	Ring			
Kontrola		192	0,005	0,005	0,005					1,6
30	30	141	0,02	0,05	0,02			0,007	0,007	10,6
30	60	129	0,007	0,03	0,05	0,02	0,02	0,007		13,2
10	30	121		0,02	0,02	0,008				5,8
0,5	30	182	0,01	0,005	0,01					2,7

Tablica 2. Učestalost mikronukleusa u stanicama drugog diobenog ciklusa

Kontrola	F=7,7 GHz					S=30 mW/cm ²
	T=5 min	T=10 min	T=15 min	T=20 min	T=30 min	
0,002%	0,008%	0,004%	0,010%	0,018%	0,022%	
Opaska		2 trinukleusa	2 mikronukl./st	2 mikronukl./st	2 mikronukl./st	

Rezultati mikronukleus testa prikazani su na tablici 2. Uočava se pravilnost broja mikronukleusa ovisno o vremenu izloženosti. Producijenjem vremena izloženosti, nalaze se stanice s više mikronukleusa po stanici.

Kako u našoj zemlji ne postoje standardi za izloženost neionizirajućem zračenju, ovi rezultati uz literaturne podatke doprinose znanstvenoj osnovi u donošenju regulative u tom području.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZASTITE OD ZRAČENJA

Novi Sad, 08.-11. jun 1987.

Garaj-Vrhovac V., Horvat Dj., Koren Z., Račić J.

THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON THE GENOM OF HUMAN LYMPHOCYTES

In order to analyse the frequency and the type chromosomal changes in an "in vitro" culture of human lymphocytes, the culture was exposed to the source of non-ionising radiation (7.7 GHz), alternating the density of power and the time of exposure. The micronucleus test was performed at the same time and under identical experimental conditions.

LITERATURA

1. Baranski S, Czerski P, Szmigelski S. Microwave effects on mitosis in vivo and in vitro. Genet Pol 1969; 10: 92-8.
2. Fenech M, Morley AA. Measurement of micronuclei in lymphocytes. Mutation Research 1985; 147: 29-36.
3. Garaj-Vrhovac V, Horvat Dj., Brumen-Mahović V, Račić J. Somatic mutations in persons occupationally exposed to microwave radiation. In: XVI Annual Meeting of the European Environmental Mutagen Society in Brussels 1986; Abstract 1986: 30.
4. WHO/IRPA. Radiofrequency and Microwaves. Environmental health Criteria 35. Geneva 1981.

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
NOVI SAD, 08 - 11. 06. 1987. GODINE

Alunić Ljerka i Silić N.
Institut za pomorsku medicinu, Split
Vojnomedicinski centar, Split

UTJECAJ MIKROVALNOG ZRAČENJA NA CENTRALNI
NERVNI SISTEM POMORACA U RATNOJ MORNARICI

Na palubama plovnih objekata RM, članovi posade profesionalno su izloženi zračenju ugrađenih radarskih sistema, zavisno od položaja radnog mesta. Prikazuju se rezultati bioelektrične aktivnosti i karakteristične subjektivne smetnje kod grupe od 64 ispitanika s paluba i kontrolne grupe od 35 ispitanika. Rezultati ispitivanja pokazuju da odstupanja od normalnih nalaza profesionalno izložene grupe i kontrolne grupe nisu statistički značajna.

U V O D

Masovnija primjena radara datira praktički od II svjetskog rata. Tada se radarska tehnika počela intenzivno usavršavati i sve više primjenjivati, kako u vojne tako i u civilne svrhe; pa elektromagnetsko zračenje koje emitiraju antene radara postaje sve više ekološki problem.

Mjerenjem mikrovalnog zračenja na plovnim objektima RM utvrđeno je da na palubama postoje područja u kojima je gustoća snage zračenja ili intenzitet zračenja značajno povećan i prelazi dopuštene norme sigurnosti. Zbog toga su i članovi posada takovih objekata u toku obavljanja svojih zadataka izloženi zračenju ugrađenih radarskih sistema, radne frekvencije u X području.(1)

Ako intenzitet zračenja na palubi objekta ne prelazi $0,01 \text{ mW/cm}^2$ nema ograničenja u vremenu izlaganja posade. Međutim intenzitet zračenja od 1 mW/cm^2 , gotovo u svim propisima, tretira se kao granica koja predstavlja potencijalnu opasnost za ljudski organizam. (2,3)

Prema mišljenju nekih autora uz toplinski efekt mikrovalova od naročitog

značaja su specifični efekti. Oni se javljaju kod izlaganja niskim intenzitetima i mogu također izazvati organska oštećenja i funkcionalne poremećaje, koji su najizraženiji u centralnom nervnom sistemu i kardiovaskularnom sistemu. Takvi poremećaji poznati su u literaturi kao "mikrovalna neurastenia", a encefalografska ispitivanja pokazuju izmjene u bioelektričnoj aktivnosti centralnog nervnog sistema. (4,5,6)

Cilj ispitivanja je utvrditi eventualne promjene u elektroencefalografskoj aktivnosti i zastupljenost karakterističnih subjektivnih smetnji kod članova posade, koji su profesionalno izloženi mikrovalnom zračenju na plovnim objektima RM.

MATERIJAL I METODA

Promatrana je grupa od 99 ispitanika s godinama starosti od 21 do 45. Ispitanici su bili članovi posade s tri tipa plovnih objekata. Od toga je grupa od 64 ispitanika profesionalno izložena mikrovalnom zračenju različitog intenziteta, zavisno od položaja radnog mesta na palubi. Posebno je izdvojena i promatrana grupa od 28 ispitanika, koji za vrijeme rada radarskog sistema borave isključivo na komandnom mostu, gdje su izloženi zračenju intenziteta iznad 1 mW/cm². Grupa od 35 ispitanika predstavlja kontrolnu grupu, čija se radna mjesta nalaze u potpalublju i nisu izložena utjecaju mikrovalnog zračenja.

Radni staž izražen u godinama jednako je zastupljen u profesionalno izloženoj i kontrolnoj grupi.

Bioelektrična aktivnost centralnog nervnog sistema praćena je na 12 kanalnom elektroencefalografu, orozvodača RIZ.

Karakteristične subjektivne smetnje dobivene su iz anamnestičkih podataka za vrijeme specijalističkog pregleda.

REZULTATI I RASPRAVA

Karakteristične subjektivne smetnje, kao glavobolja, zamor, preosjetljivost i impulzivnost, smetnje u pamćenju, teškoće u seksualnoj sfери i promjena raspoloženja registrirani su kod ispitanika s paluba plovnih objekata i ispitanika iz kontrolne grupe, ali nisu utvrđene statistički značajne razlike ($t=0,45$, $p>0,05$).

Statistička značajnost nije također dokazana u registriranju subjektivnih smetnji kod ispitanika s komandnom mosta, kao najeksponiranijeg radnog mjeseta, i ispitanika iz kontrolne grupe ($t=1,6$, $P>0,05$).

Od navedenih subjektivnih smetnji najzastupljenija je preosjetljivost i impulzivnost. Javlja se kod 54 % ispitanika s komandnom mosta, 39 % ispitanika s paluba plovnih objekata i 34 % ispitanika iz kontrolne grupe. Iako je taj odstotak na veći kod naizloženije grupe ispitanika s komandnom mosta, nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na ispitanike iz kontrolne grupe ($t=0,47$, $P>0,05$).

Sistematisacijom elektroencefalografskih nalaza utvrđeno je da kod profesionalno izloženih ispitanika s paluba plovnih objekata prevladavaju normalni nalazi : normalni nalazi visoke voltaže, a razlike nisu statistički značajne u odnosu na ispitanike iz kontrolne grupe ($t=0,38$, $P>0,05$).

Registrirani patološki nalazi također nisu statistički značajni u usporedbi s kontrolnom grupom ($t=0,62$, $P>0,05$).

Publicirani racovi o subjektivnim smetnjama i promjenama u bioelektričnoj aktivnosti centralnog nervnog sistema međusobno se značajno razlikuju, tako da neki autori smatraju patološka oštećenja beznačajnim, a subjektivne smetnje opisuju kao reverzibilne. (7,8,9)

ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja bioelektrične aktivnosti centralnog nervnog sistema i karakterističnih subjektivnih smetnji, profesionalno izložene grupe ispitanika i kontrolne grupe pokazuju, da razlike u odstupanju od normalnih nalaza nisu statistički značajne. Budući da za vrijeme dosadašnjeg profesionalnog izlaganja mikrovalnom zračenju centimetarskih valnih dužina, nisu registrirane značajne promjene i oštećenja bioelektrične aktivnosti centralnog nervnog sistema, kakove se navode u literaturi, zadatak nam je i dalje kontinuirano pratiti ispitivanu grupu.

SUMMARY

On the decks of some marine vessels the crew members are professionally exposed to microwave radiation by installed systems, depending on their working place position. The result describe bioelectrical activities and

subjective complaints for the group of 64 examinees and for the control group of 35 examinees.

The results show that deviations from normal tests for professionally exposed group and control group are not statistically significant.

LITERATURA

1. Lj. Alunić i J. Bakić: Mikrovalno zračenje i njegov utjecaj na morfološko stanje spermija, Zbornik X!!! simpozija zaštite od zračenja, 1985: 747-752.
2. S. Baranski, P. Czerski, D. Hutchinson: Safe Exposure Limits and Prevention of Health Hazard, Pennsylvania, Chaper 6: 170-197.
3. Lj. Alunić: Opasnost od mikrovalnog zračenja na brodovima, Pomorska medicina II, 1979: 167-172.
4. Sol. M. Michaelson: Biomedical Aspect of Microwave Exposure, American Industrial Higiene Association Journal, 1970: 338-345.
5. G. C. Henny, M. Tansy: Studies of Biological Hazards from High Power HF Band Transmitters, 1969: 66-90.
6. K. Marha, J. Musil, H. Tuha: Biological Effects of Elektromagnetic Waves and their Mehanism, San Francisko, 1971: 25-57.
7. Y. A. Osipov: Occupational Hygiene and the Effect of Radiofrequency Fields on Workers, Washington, 1965: 104.
8. P. Czerski, M. Siekierzynski, A. Gidynski: Health Surveillance of Personnel Occupationally Exposed to Microwaves, Aerospace Medicine, 1974: 1137-1148.
9. J. Healer: Review of Studies of People Occupationally Exposed to Radio-Frequence Radioations, Virginia, 1969: 90-97.

UTICAJ AKUTNOG I HRONIČNOG OZRAĆIVANJA OKA
DOMACIH ŽIVOTINJA HELIJUM-NEONSKIM LASEROM

Janković-Zagorčić A., Todorović Đ.

Veterinarski fakultet u Beogradu

Uvod

Oko je organ najosetljiviji na laserska zračenja. Ovaj podatak, kao i činjenice da su biološki efekti laserskog zračenja funkcije: talasnih dužina, jačine energije, gustine energije i vremena ekspozicije, naveli su nas da ispitamo promenljivu specifičnost stepena oštećenja oka pojedinih vrsta domaćih životinja izloženih He-Ne laserskom zračenju.

helijum-neonski laser male snage i gustine energije, talasne dužine 632.8 nm, uglavnom ima biostimulativno dejstvo na tkiva, te se primenjuje u terapijske svrhe. U vezi sa talasnom dužinom, zraci He-Ne lasera prolaze kroz transparentne delove oka i bivaju apsorbovani u mrežnjači. Optička apsorptivnost tkiva mrežnjače za ovu talasnu dužinu nije podjednaka ne samo kod različitih vrsta eksperimentalnih životinja, već postoje i individualne razlike. Osim toga, od posebnog su interesa i podaci koji se odnose na efekte kod akutnog i hroničnog izlaganja oka laserskom zračenju ovih kvaliteta.

Materijal i metodi rada

Istraživanja uticaja He-Ne laserskog zračenja obavljena su na očima pasa i kunića. Eksperimentima su obuhvaćene 3 ogledne grupe od po 10 jedinki. - Prva grupa životinja zračena je jedno-kratno 5 minuta, a životinje su žrtvovane 24 h po zračenju. - Druga grupa zracena je tokom tri dana pri ekspoziciji oka u vremenu od po 5 minuta, a po završenom zračenju životinje su odmah žrtvovane. - Treća grupa ispitivanih životinja ozracivana je tokom 30 dana, svakounevno po 5 minuta, a zatim, po žrtvovanju životinja, vršena je enukleacija bulbusa.

Direktno ozračivanje levog oka vršeno je He-Ne laserom, izlazne snage zračnog snopa 20 mW, sa rastojanja od 50 cm, zračnim prečnikom od 1 mm i gustom energije 0.64 W/cm^2 . Oko je pre zračenja atropinizirano, a kapci i treći kapak za vreme zračenja su fiksirani. Desno oko služilo je kao kontrola.

Enukleacija oka vršena je po preporuci Sanders i Jobb, da bi se sprečilo postmortalno odvajanje retine, koje se često dešava pri vađenju oka. Posle enukleacije bulbusa materijal je odmah fiksiran u kiselom Zenkerovom rastvoru. Pre uklapanja u paraf otvaran je bulbus, uklanjano sočivo i staklasto telo i modeli odsečci beonjače sa sudovnjačom i mrežnjačom dužine oko 1,5 i š: ne 1 cm. Ovi odsečci su uklapani u parafin i serije isečaka tkiva, debljine 3-5 mikrona, bojene su H.E. metodom.

Postignuti rezultati

Patohistološka ispitivanja svih slojeva retine, odnosno isečaka dobivenih od očiju kunića i pasa jednokratno zračenih 5 minuta, kao i onih višekratno ozračivanih tokom tri dana po 5 minuta, pokazala su da ne postoje oštećenja ćelija na nivou svetlosne mikroskopije.

Patohistološkim ispitivanjem retine kunića i pasa, čije su oči zračene tokom mesec dana po 5 minuta svakodnevno, zapažaju se promene degenerativnog karaktera najizraženije na fotoreceptivnim ćelijama. U stratum bacilorum i conorum zapaža se nagomilavanje pigmenta, odnosno njegova migracija iz stratum pigmenti /kod pasa/. Na taj način uzrokovana je fokalna destrukcija dendrita fotoreceptivnih ćelija. Na svim patohistogramima isečaka očiju kunića uočava se potpuno gubljenje stratum bacilorum i str. conorum. U području stratum granulosum externum primećuje se piknoza i liza jedara štapića i stubića kod pasa. Piknoza i liza jedara neurona I reda zapaža se i u stratum granulosum internum. Na preparatima isečaka očiju kunića prisutna je piknoza jedara ganglijskih ćelija u stratum ganglionare.

Diskusija i zaključci

Na osnovu naših nalaza može se reći da su promene na mrežnjači ozračenih kunića He-Ne laserom snage 20 mw pri hroničnom ozračivanju intenzivnije od promena ustanovljenih na patohistogramima očiju pasa. Pri akutnom ozračivanju jednokratnom i višekratnom tokom 3 dana/ nisu otkrivena ostećenja ćelija mrežnjače na isečcima očiju pasa i kunića.

Objašnjenje za izostajanje promena na ćelijama mrežnjače ispitivanih životinja pri akutnom ozračivanju He-Ne laserom svodi se na dve pretpostavke. Prva je da se za vreme zračenja očna jabučica stalno pokreće, pa se pri tome neprekidno menja tačka upadnog laserskog zraka na mrežnjači, i to za vrlo kratko vreme, tako da

povreda ne može da nastane ili se ne može da otkrije svetlosnom mikroskopijom. Druga pretpostavka je da vremenska distanca između svakodnevnih zračenja /24 h/ utiče na regenerativne procese na retini i na taj način umanjuje štetne efekte zračenja.

Bibliografija

1. Muratov W.R., Berezin Yu.D., Gudakovskii Yu.P. Standards for Laser Radiations.
Sov. J. Quant. Electron 1980; 10: 8: 970-4.
2. Lawill T., Crockett S., Currier G. Mechanisms of Retinal Damage from chronic Laser radiation.
Reptv 1976-1979; 4.
3. Cupak K., Laktić N., Pentz A. Naša iskustva u lečenju vaenkularnih bolesti mrežnice rubinskim laserom.
U: Fotokoagulacija - Laser u oftalmologiji, Čakovec 1979; 33-9.

The 14th Yugoslavian Symposium for Radiation Protection
Novi Sad, 8-11 June 1987.

Janković-Zagorčić A., Todorović D.

THE IMPACT OF THE ACUTE AND CHRONIC IRRADIATION ON THE EYES OF DOMESTIC ANIMALS BY THE HE-NE LASER

The pathohistologic research of all of the retinal layers in rabbits and dogs treated with singular as well as repeated irradiations during the period of 3 days in 5 minutes sessions by the He-Ne laser of the 20 mW output power, produced no cell damages detectable by the light microscope. Degenerative alterations of the photoreceptive cells were evident after a chronic exposure due to a monthly irradiation of 5 minutes each day exposure. The partial absence of cones and rods is evident as well as the nuclear pyknosis and lysis in both structures. The same alterations are detected in the neurons of the first order.

Keywords : Laser irradiation, Eye, Domestic animals

GENETSKI EFEKTI LASERSKOG ZRAČENJA

Miličević S., N.Nanušević, A.Marjanac
Vojnomedicinska akademija, Beograd

Uvod

Lasersko zračenje ima specifične karakteristike, pa i posebne biološke efekte koji su uočeni uskoro posle njegove praktične primene /1/. Genetski efekti laserskog zračenja nisu dovoljno proučeni, pa zbog toga nije dozvoljen rad sa laserima ispod 16 godina, kao i gravidnom ženama sa patološkom trudnoćom /2/. U cilju proučavanja genetskih efekata, mi smo kao model koristili kulturu suspenzija bakterija.

Materijal i metod rada

Ozračivanje referentnih sojeva suspenzija bakterija *E.coli* /gr -/, ATCC-25932 i *Staph. Pyog* /gr +/, ATCC-25933 je vršeno Helium-Neon /He-Ne, $\lambda = 633 \text{ nm}$ i Argonskim /Ar, $\lambda = 488 \text{ i } 514 \text{ nm}$ / laserom iste snage - 70 mW. Vreme ozračivanja se kretalo od 1 do 6 časova u laboratorijskim uslovima. Kao kontrola služili su uzorci suspenzija istih koncentracija neozračenih bakterija, koje su bile u istoj prostoriji i za isti vremenski period kao i ozračene kolonije. Koncentracije i eksperimentalnih i kontrolnih uzoraka za analizu su bile u razredjenju $1 \times 10^7 \text{ bakt./ml}$. Koncentracije bakterijskih suspenzija su određivane na kolorimetru "Iskra" - Kranj MA-951, prema crvenom filtru /625 nm/, a korišćen je Makfalanov standard zamučenja $0,5 / 1 \times 10^8 \text{ bakt./ml}$. Dinamika porasta bakterija u komorama je praćena na Abbott MS-2 Research automatizovanom sistemu.

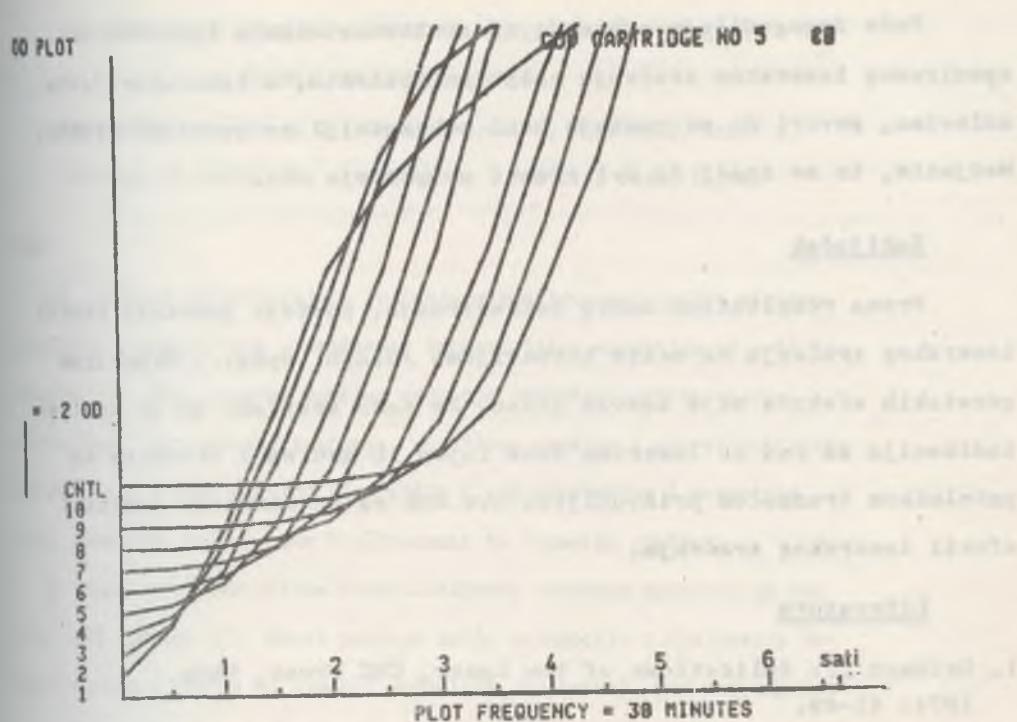
Rezultati rada i diskusija

Dobijeni rezultati pokazuju da He-Ne laser snage 70 mW deluje na ispitivane bakterije pri ozračenju u toku 6 časova. Isto tako i Ar laser iste snage i pod istim eksperimentalnim uslovima deluje na E.coli /Graf. 1/. Razvoj ozračenih suspenzija je isti kao i kontrolne, neozračene suspenzije.

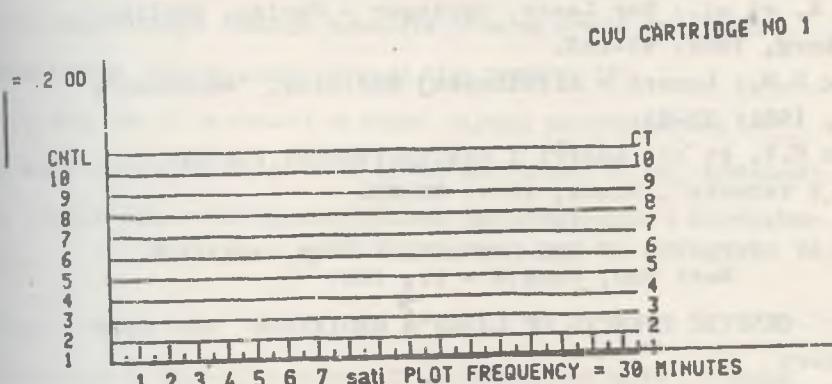
Medutim, argonski laser deluje na Staph. pyog. već posle jednog sata ozračivanja. Sa dužinom ekspozicije, vreme za oporavljanje ili razmnožavanje bakterija se produžava. Posle 6 časova zračenja ova bakterija nije mogla da se oporavi, tj. da se razmnoži u toku 18 časova posmatranja /Graf. 2/. Prema tome, ovo vreme ozračenja dovodi do potpunog prestanka razvoja Staph. pyog.

Mehanizam dejstva laserskog zračenja za sada se ne poznaje u potpunosti /3/. Pošto su korišćeni laseri za ozračivanje navedenih bakterija male snage, to su i efekti sigurno netermičke prirode. Najverovatnije ovi efekti nastaju preko oštećenja enzima ili mitobondrijalnog aparata ćelija, a moguće je i direktno dejstvo zračenja na DNK. Ovi rezultati govore o selektivnom dejstvu laserskog zračenja na biološko tkivo, ali i o genetskim efektima. Ovi efekti zavise od talasne dužine i vremena ekspozicije, kao i od vrste ozračene bakterije. Staph. pyog. verovatno više apsorbuje lasersko zračenje ili poseduje osetljivije strukture.

Dobijeni rezultati se ne mogu interpolirati na organizam čoveka. Medutim, sigurno govore o genetskim efektima laserskog zračenja na biološki organizam, što navode i drugi autori /4/. Zbog toga smatramo da su pomenute odredbe za rad sa laserima dece i trudnica sa patološkom trudnoćom za sada prihvatljive sve dok se ne razjasne genetski efekti laserskog zračenja i na čoveku.



GRAFIKON 1. - Efekti ozračenja E. Coli Ar laserom 6h



GRAFIKON 2.- Efekti ozračenja Staph. aureus Ar laserom 6h

Naše dugogodišnje prćerje zdravstvenog stanja ljudstva eksponiranog laserskom zračenju malih intenziteta, u laboratorijskim uslovima, govori da ne postoje neki pokazatelji za genetske efekte. Međutim, to ne znači da ovi efekti ne postoje /5/.

Zaključak

Prema rezultatima našeg istraživanja, postoje genetski efekti laserskog zračenja na nekim bakterijama /Staph. pyog./. Mechanizam genetskih efekata nije sasvim jasan. Za sada smatramo da je kontraindikacija za rad sa laserima dece ispod 16 godina i trudnica sa patološkom trudnoćom prihvatljiva sve dok se ne rasčiste genetski efekti laserskog zračenja.

Literatura

1. Goldman L.: Aplications of the Laser, CRC Press, Ohio, 1974: 41-49.
2. Artamanova G.V., N.N. Šatalov: Profesionaljnie boljezni, "Medicina", Moskva, 1982: 183-191.
3. Dinstl K. et al.: Der Laser, Springer - Ferlag, Berlin, Heidelberg, 1981: 97-145.
4. Pletnev D.S.: Lazeri v kliničeskoj medicine, "Medicina", Moskva, 1981: 35-81.
5. Vododin G.V. et al: Lazeri i nasledstvenost rastenij, "Nauka i tehnika", Minsk, 1984: 30-40.

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF THE PROTECTION FROM RADIATION
Novi Sad, June 8 - 11, 1987

GENETIC EFFECTS OF LASER'S RADIATION

Summary

Results obtained from the radiation of E.coli and Staph. pyog. shows that Helium Neon Laser, power 70 mW, does not influence those bacteria. The argon laser, with the same power, influences only Staph. pyog., during the first hour and after 6 hours of radiation they cease to multiply. This speaks about genetic effects of radiation.

Key words: Genetic effects, Laser's, Radiation

KAPILAROSKOPSKE PROMJENE U RADNIKA PROFESIONALNO IZLOZENIH

NEIONIZIRAJUCEM ZRACENJU

Brumen-Mahović V, Horvat Dj, Garaj-Vrhovac V, Kubeška D, Račić J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

UVOD

Pod terminom neionizirajuće zračenje razumijeva se spektar elektromagnetskog zračenja koje u primarnoj interakciji s materijom ne vrši ionizaciju (1). Ovaj spektar pokriva područje radiofrekventnih valova, mikrovalova, infracrvenog zračenja, vidljivog spektra i ultraljubičastog zračenja, a s biomedicinskog stanovišta i sva električna i magnetska polja, mehaničke valove buke i ultrazvuka te lasersko zračenje.

Na moguće biološke učinke neionizirajućeg zračenja upozorio je još Daily 1943. godine (2). Danas postoje dvije koncepcije o djelovanju neionizirajućeg zračenja na ljudski organizam. Po jednoj, pod utjecajem ovog zračenja dolazi u organizmu do generalizirane hipertermije, pri čemu su sekundarno pogodjeni vitalni organski sistemi (3). Prema drugoj konцепciji, neionizirajuće zračenje producira primarne efekte na vitalne organske sisteme, koji po svojoj prirodi nisu termalni (4).

Cilj ovog rada je da upozori na mogući utjecaj neionizirajućeg zračenja na perifernu cirkulaciju. U tu svrhu, analizirani su kapilaroskopski nalazi skupine osoba profesionalno izložene radiofrekventnom i mikrovalnom zračenju.

ISPITANICI I METODA RADA

Ispitanje je obuhvatilo ukupno 190 ispitanika, od kojih 110 osoba profesionalno izložene neionizirajućem zračenju i 80 kontrolnih osoba koje nikada nisu radile s izvorima zračenja.

Stanje perifernog krvotoka kod svih 190 ispitanika utvrđeno je kapilaroskopskom metodom. Kod svakog pojedinog ispitanika pregledane su kapi-

Tare kožnog nabora ležišta nokata na prstima obje ruke.

Radi što objektivnije interpretacije kapilaroskopskih nalaza, anamnestički su registrirani interferentni faktori, koji uz profesionalnu eksponiciju zračenju, mogu dovesti do promjena na perifernoj cirkulaciji. Uzeti su u obzir pušenje, potus, kemoterapija te dijagnostička odnosno terapijska ozračenja u zadnju godinu dana prije pregleda.

PRIKAZ REZULTATA

Kapilaroskopski nalazi prikazani su opisno i tabelarno, a prezentirani su paralelno za eksperimentalnu i kontrolnu skupinu ispitanika.

Tablica 1. Ukupan postotak oštećenja mikrocirkulacije u obje skupine ispitanika

	Ukupan % oštećenja
Kontrolna skupina	26
Eksperimentalna skupina	76

Ukupan postotak nadjenih oštećenja mikrocirkulacije dan je na tablici 1. Vidljivo je da je taj postotak znatno veći u skupini osoba profesionalno izloženoj neionizirajućem zračenju nego u kontrolnoj skupini.

Tablica 2. Udio pojedinih tipova oštećenja mikrocirkulacije u ukupnom postotku nadjenih promjena

	Morfološka oštećenja	Funkcionalna oštećenja	Numerička oštećenja	Mikro hematom	Kolaterale
Kontrolna skupina	28%	36%	8%	12%	16%
Eksperimentalna skupina	42%	22%	9%	6%	17%

Udio pojedinih tipova oštećenja mikrocirkulacije u ukupnom postotku nadjenih promjena za svaku skupinu ispitanika dan je na tablici 2. Pokazalo se da su u eksperimentalnoj skupini najčešće zastupljena morfološka, a u kontrolnoj skupini funkcionalna oštećenja perifernog krvotoka. Ova oštećenja se kod izloženih osoba distribuiraju pretežno bilateralno, a kod kon-

trolnih osoba pretežno unilateralno.

Statistička obrada rezultata rada putem hi-kvadrat testa pokazala je da su oštećenja mikrocirkulacije u svojoj ukupnosti, kao i razmatrano po pojedinim tipovima oštećenja, statistički značajno češća u eksperimentalnoj u odnosu na kontrolnu skupinu.

DISKUSIJA

Problem izloženosti izvorima neionizirajućeg zračenja postaje u suvremenom svijetu sve aktualniji. O biološkim efektima toga zračenja postoje potpuno oprečni stavovi. Podijeljenost mišljenja naročito dolazi do izražaja kada je riječ o profesionalnoj izloženosti malim dozama neionizirajućeg zračenja. Ima autora koji smatraju da takva ekspozicija nema nikakvih evidentnih efekata na ljudski organizam (5). No, većina autora slaže se da se biološki učinci neionizirajućeg zračenja mogu dokazati na svim vitalnim organskim sistemima (6, 7). Međutim, u domaćoj i dostupnoj stranoj literaturi ne nalaze se radovi koji se bave problemom oštećenja mikrocirkulacije uslijed djelovanja neionizirajućeg zračenja.

U eksponiranoj skupini ove studije nadjen je visok postotak oštećenja mikrocirkulacije, pri čemu su predominirala morfološka oštećenja. Promjene na kapilarnom krvotoku bile su uglavnom bilateralno zastupljene.

U kontrolnoj skupini su promjene na mikrocirkulaciji registrirane znatno rjeđe, a uglavnom se radilo o funkcionalnim promjenama unilateralne distribucije.

ZAKLJUČAK

Dobiveni podaci ne dopuštaju za sada donošenje eksplicitnih zaključaka, ali upućuju na potrebu kontinuiranog praćenja stanja periferne cirkulacije kod osoba profesionalno izloženih neionizirajućem zračenju. Iako je domet kapilaroskopije ograničen zbog učestalih nespecifičnih nalaza, ona se u ovakvim slučajevima može preporučiti kao adekvatan "screening-test".

LITERATURA

1. IRPA. Overviews on nonionizing radiations. Pr US Dep of Health, Education and Welfare 1977; 1-75.
2. Daily LE. Clinic study of results of exposure of laboratory personnel to radar and high frequency radio. US Nav M Bull 1943; 41: 1052-6.
3. Bøysen LE. Hyperthermic and pathologic effects of electromagnetic radiation (350 Mc). AMA Arch Indust Hyg 1953; 7: 516-25.
4. Presman AS, Levitina N. The non-thermal effect of microwaves on the systolic rhythm of animals: The effect of non-pulsed microwaves. Bull Exp Biol Med 1962; 53:41-4.
5. Baroncelli P, Battisti S, Checcucci A, Comba P, Grandolfo M, Serio A, Vecchia P. Uno studio transversale sullo stato di lavoratory. Med Lav 1985; 76 (6): 491-502.
6. Izmerov NF. Current problems of nonionizing radiation. Scand J Work Environ Health 1985; 11: 223-7.
7. Suess MJ. Nonionizing radiation and health. Environ Health 1985; 6: 52-8.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZASTITE OD ZRAČENJA

Novi Sad, 08.-11. juni 1987.

Brumen-Mahović V., Horvat Dj., Garaj-Vrhovac V., Kubelka D., Račić J.

CAPILLARY ABNORMALITIES IN WORKERS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO
NON-IONISING RADIATION

In order to indicate a possible effect of non-ionising radiation on peripheral blood flow in occupationally exposed persons, 110 exposed subjects and 80 control subjects were examined by means of capillaroscopy. The microvascular abnormalities were significantly more frequent among occupationally exposed persons than in control group.

OSNOVNI PRINCIPI ZAŠTITE OD NEKOHERENTNOG UV ZRAČENJA

Simonović J. i Jeremić M.

Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta, Beograd

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

Uvod

Izloženi principi zasnovani su na biološkim efektima UV zračenja i proračunu zdravstvenog rizika od ovakvog zračenja, shodno preporukama Svetske zdravstvene organizacije, programu Ujedinjenih nacija i Medjunarodnog komiteta za nejohizujuće zračenje u okviru IRPA.

UV zračenje je deo nevidljivog spektra elektromagnetskog zračenja sa talasnim dužinama od (100 - 400) nm. Prema svom biološkom dejstvu na predlog Medjunarodne komisije za osteljenje (CIE) podeljeno je u tri oblasti:

UVA - oblast od (315 - 400) nm,

UVB - oblast od (280 - 315) nm i

UVC - oblast od (100 - 280) nm.

UV zračenje čije su talasne dužine manje od 180 nm se gotovo potpuno apsorbuje u vazduhu i zbog toga je bez značaja za biološke efekte. Kao takvo nije obuhvaćeno predloženim normativima.

Najštetnije biološko dejstvo izazivaju UVB i UVC zraci prouzrokujući određjene hemijske reakcije. Zbog tog svog efekta često se nazivaju aktinični UV zraci.

Izvori UV zračenja i veličine značajne za njihovo izražavanje

Izvori UV zračenja mogu biti prirodni i tehnološki. Jedini prirodni izvor čini Sunce iz čijeg celokupnog spektra oko 9 % energije pripada UV zračenju.

Najznačajniji tehnološki izvori UV zračenja su električni luk, izvesna usijana tela i određeni laseri. Iako je za većinu od njih operativna talasna dužina u UVA oblasti, praktično oni emituju mnogo širi spektar, uključujući zračenje i sa manjim i sa većim talasnim dužinama od UVA oblasti.

Izvori UV zračenja se široko koriste u mnogim industrijskim pro-

cesima, u medicini, zatim kao produkti široke potrošnje i najzad u kozmetičke svrhe.

Fizičke veličine kojima se vrši kvantitativno izražavanje UV zračenja su intenzitet i gustina energije.

Intenzitet zračenja I ili površinska snaga P_a koristi se za kontinuirano izlaganje i izražava u jedinicama (W/m^2).^{*}

Gustina energije ili površinska energija H označava ograničeno vreme izlaganja ili pulsne izvore i odnosi se na izlaganje UV zračenju kože ili očiju, pri čemu je geometrija UV zračenja vrlo važna. Izražava se u jedinicama (J/m^2).^{**}

Granice izlaganja UV zračenju

Maksimалne granice izlaganja za nekoherentno UV zračenje predložene su i za izvore kontinuiranog i za izvore pulsnog UV zračenja čije je trajanje veće od 0,1 μs. Date granice su tako niske da su njima obuhvaćeni i razni medicinski tretmani a takodje i razni kozmetički postupci. One važe za direktni snop UV zračenja koji pada pod uglom od 90° na ozračenu površinu tela. Praktično obuhvataju oblast od (180–400) nm i zasnovane su na proceni potencijalnog rizika od UV zračenja. Odnose se kako na profesionalno angažovana lica tako i na stanovništvo u celini za nezaštićenu kožu i oči.

U Tabeli 1. date su granice izlaganja za UVA zračenje.

Tabela 1. Granice izlaganja za UVA zračenje za kožu i oči

Ukupan intenzitet I ili gustina energije H	Vreme izlaganja (s)
$10 W/m^2$ (ili $1 mW/cm^2$)	veće od 10^3
$10 kJ/m^2$ (ili $1 J/cm^2$)	manje od 10^3

U Tabeli 2. predstavljene su granice izlaganja UVB i UVC zračenju za 8-časovno radno vreme i vrednosti relativne spektalne efikasnosti S_λ . Ova veličina je neimenovan i broj normiran u odnosu na monohromatski izvor od 270 nm i izražava intenzitet biološkog dejstva.

Za širokopojasn i izvor koristi se efektivni intenzitet E_{eff} UV zračenja koji se određuje pomoću formule

$$E_{eff} = \sum E_\lambda S_\lambda D_\lambda,$$

$$* 1 W/m^2 = 10^{-4} W/cm^2 = 0,1 mW/cm^2$$

$$** 1 J/m^2 = 10^{-4} J/cm^2 = 0,1 mJ/cm^2$$

gdje je E_λ spektralni intenzitet u $[W/(m^2 \text{ nm})]$ i D_λ širina snopa(nm).

Tabela 2. Granice izlaganja UVB i UVC zračenju za 8 h

Talasna dužina(nm)	Granica (J/m ²)	S _λ	Talasna dužina(nm)	Granica (J/m ²)	S _λ
180-200	1000	0,03	270	30	1,0
210	400	0,075	280	34	0,88
220	250	0,12	290	47	0,64
230	160	0,19	300	100	0,30
240	100	0,30	305	500	0,06
250	70	0,43	310	2000	0,015
260	46	0,65	315	10000	0,003

Maksimalno vreme izlaganja za UVB i UVC zračenje može se odrediti koristeći se Tabelom 3. za odgovarajuće vrednosti E_{eff} za nezaštićenu kožu ili oči. Navedene vrednosti maksimalnog vremena

Tabela 3. Maksimalno vreme izlaganja UVB i UVC zračenju (oči, koža)

Vreme izlaganja na dan	E_{eff} (W/m ²)	Vreme izlaganja na dan	E_{eff} (W/m ²)
8 h	0,001	5 min	0,1
4 h	0,002	1 min	0,5
2 h	0,004	30 s	1,0
1 h	0,008	10 s	3,0
30 min	0,017	1 s	30
15 min	0,033	0,5 s	60
10 min	0,05	0,1 s	300

izlaganja mogu se i izračunati tako što se vrednost za granicu H za 270 nm ($H = 30 \text{ J/m}^2$), Tabela 2. podeli vrednošću odgovarajućeg E_{eff} .

Zaštitne mere od UV zračenja

Pri radu sa izvorima UV zračenja koriste se tehničke i medicinske mere zaštite.

Tehničke mere zaštite odnose se na primenu opštih i ličnih zaštitnih sredstava.

Opšta zaštitna sredstva čini: 1) zaštitni ekran koji se postavlja ispred izvora UV zračenja, 2) dobra ventilacija za izbacivanje štetnih gasova nastalih pod dejstvom UV zračenja i 3) ispunjen

tehnički uslov da je rastojanje od izvora što veće.

Lična zaštitna sredstva prvenstveno se odnose na zaštitne naočare sa specijalnim filtrom, zatim na zaštitne kape, zaštitne maske i kremove, naročito kad je u pitanju zaštita od sunčevog zračenja.

Medicinske mere zaštite od UV zračenja imaju za cilj da utvrdi zdravstveno stanje radnika koji rade sa izvorima ovog zračenja. Radnici koji su profesionalno izloženi dejstvu UV zračenja tretiraju se kao radnici koji rade pod posebnim uslovima rada i podležu određenim zdravstvenim pregledima.

Zaključak

Nagli porast primene UV zračenja uslovljava potencijalni zdravstveni rizik. Uzimajući da u nas nema zvaničnih regulativa koje bi se odnosile na zaštitu od UV zračenja, predložena su određene granice koje će svakako biti podložne daljim dopunama jer današnje poznavanje hroničnih efekata i mehaničkih ozleta od UV zračenja nije potpuno i zahteva dalja istraživanja.

Literatura

- 1."La protection contre les rayonnements non ionisants", Compilation de Michael J. Suess. Organisation Mondiale de la Sante, Bureau régional de l'Europe, Copenhague, 1985.
2. Organisation mondiale de la santé, "Rayonnement ultraviolet", Genève, 1979.
3. Leach, W.M.: "Biological aspects of ultraviolet radiation", Rockville, MD, Bureau of Radiological Health, 1970 (BRH/DBE 70-3).

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF THE RADIATION PROTECTION

Novi Sad, June 8-11, 1987.

Simonović J. and M. Jeremić

BASIC PROTECTION PRINCIPLES FROM INCOHERENT ULTRAVIOLET RADIATION

Summary.

Exposure limits for incoherent ultraviolet radiation are proposed for continual as well as puls radiation with duration till 0,1 us. The given values correspond to unprotected skin and eyes and are valid for professional staff and also for the general population.

Key words: Ultraviolet radiation, exposure limits, risk

NOVA METODA ZAŠTITE PEJSMEJKERA OD SPOLJNE ELEKTROMAGNETSKE
INTERFERENCIJE

Djordjević Z., Kosanović D.

INSTITUT ZA PRIMENJENU FIZIKU, BEOGRAD

Uvod

Oštećenja živog tkiva mikrotalasnim zračenjem predstavljaju realnu opasnost pri izlaganju ljudi ovom zračenju, međutim, postoji i poseban efekat mikrotalasnih polja koji se manifestuje poremećajima rada vrlo važnih elektronskih uređaja kao što su, na primer, pejsmejkери. Ovaj efekat je izazvan elektromagnetskom interferencijom koja se stvara kada signal proizveden u jednom električnom uređaju utiče na signal koji emituje drugi uređaj. Ovakvi signali mogu da budu emitovani od poznatih izvora visokofrekventnih elektromagnetskih talasa као što su radio, televizijske ili radarske stanice, ili od neočekivanih zračenja koja emituju elektropokretači automobila, električni brijaci, termokauteri, aparati za fizičku terapiju i drugi (1,2,3).

Broj pacijenata sa ugradjenim pejsmejkерима u svetu u stalnom je porastu. Do 1980. godine, samo u SAD je ugradjeno više od 200.000 pejsmejkera (4). Danas se ugradjuju uglavnom sinhroni pejsmejkери koji rade "na zahtev" i uključuju se samo kad izostaje normalna depolarizacija srčanog mišića. Sinhroni pejsmejkери uglavnom detektuju pojavu elektromagnetske interferencije i u tom slučaju prelaze na kontinuirani rad. Ovakav kontinuirani rad obično ne izaziva ozbiljne smetnje jer obezbeđuje srčani rad dovoljan za opterećenja kojima se pacijent izlaže u dатој situaciji. Najneugodniji poremećaj nastaje kad sinhroni pejsmejker usled interferencije predje na inhibirajući model rada. U tom slučaju dolazi do zastoja elektrostimulacije srčanog mišića i ukoliko se srce nalazi u kompletном AV bloku, ovakvo stanje može da dovede do dramatičnih posledica pa i do fatalnog ishoda. Zaštita pejsmejkera od spoljne elektromagnetske interferencije nije do danas definitivno rešen. Opisani su brojni slučajevi sinkopa, gubitka svesti, nagle slabosti, vrtoglavice, poremećaja govoru u pacijenta sa ugradjenim pejsmejkером, koji su nastali usled zastoja u radu pejsmejkera pod uticajem spoljnih elektromagnetskih signala. U želji da pružimo sigurnu zaštitu pacijentima sa pejsmejkерom od štetnog uticaja spoljnih izvora elektromagnetskih zračenja, konstruisali smo specijalni prsluk sačinjen od metalizirane tkanine koji omogućava prodor spoljnih signala do pejsmejkera.

MATERIJAL I METODE RADA

Za izradu zaštitnog prsluka korишćena je metalizirana tkanina Baymetex-T FE 6002. Isplivanja zaštitnih svojstava prsluka vršena su u laboratorijskim i kliničkim

uslovima. U laboratorijskim uslovima ispitivani su sledeći tipovi savremenih pejsmejkera: Vitatron Medical (Holand), Siemens-Elema 677 (Sweden), Medtronic (Holand), Cordis (USA) i Telectronics (France). Ispitivani pejsmejkeri izlagani su mikrotalasnom zračenju intenziteta 50 mW/cm^2 (2.450 MHz) i to u dve faze: 1. bez zaštite sa Baymetex-om i 2. sa zaštitom od Baymetex-a. U kliničkim uslovima ispitivanja su izvedena na 20 pacijenata sa ugradjenim pejsmejkerom. Ispitanici su bili kratkovremeno izlagani u polju mikrotalasnog zračenja u dve faze: 1. bez zaštitnog prsluka i 2. sa zaštitnim prslukom. U toku ovih ispitivanja kontinuirano je registrovan elektrokardiogram, a na monitoru je posmatrana srčana akcija i funkcije pejsmejkera.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1 prikazani su karakteristični EKG nalazi koji su registrovani u pacijenta za vreme izlaganja mikrotalasnom zračenju. Od ukupno 20 ispitanika, u 11 je zabeležen zastoj u radu pejsmejkera za vreme izlaganja mikrotalasima, međutim, ni u jednom slučaju nije došlo do poremećaja rada pejsmejkera ukoliko su ispitanici nosili zaštitne prsluke. U laboratorijskim ispitivanjima koja su vršena na neimplantiranim pejsmejkera dobiveni su rezultati koji ukazuju na odličan zaštitni efekat metalizirane tkanine u mikrotalasnem polju. Čak i pri primeni vrlo visokih intenziteta mikrotalasnog zračenja nije zabeležen poremećaj u radu ispitivanih pejsmejkera ukoliko su isti bili zaštićeni materijalom koji je upotrebljen za izradu specijalnog prsluka za nosioce pejsmejkera (Slika 2.).

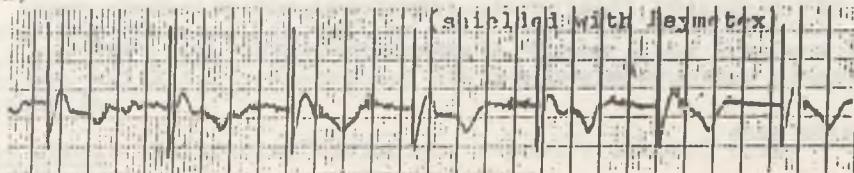
ZAKLJUČAK

Rezultati ovih ispitivanja ukazuju da primena zaštitnog prsluka specijalne konstrukcije isključuje štetan uticaj spoljne elektromagnetske interferencije na funkciju pejsmejkera.

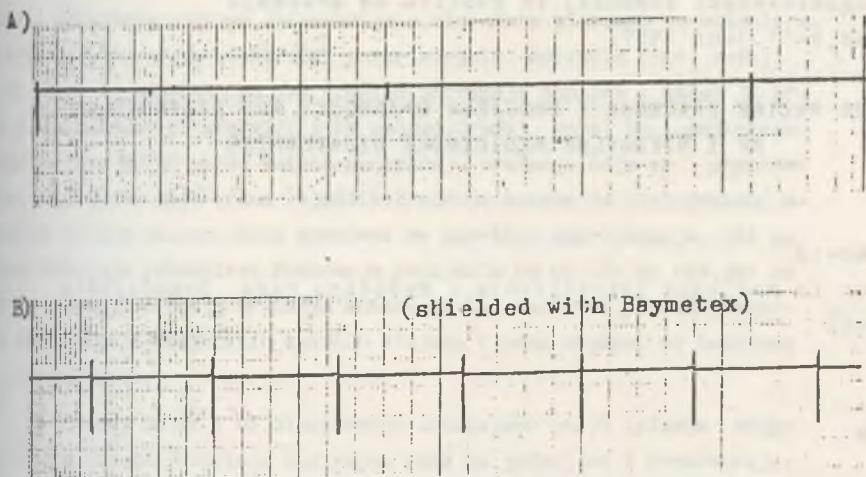
A)



B)



Slika 1. EKG pacijenta sa implantiranim pejsmejkerom za vreme izlaganja mikrotalasnom zračenju. (A - bez zaštitnog prsluka; B - sa zaštitnim prslukom)



Slika 2. Uticaj mikrotalasnog zračenja na funkciju pejsmejkera.

(A - bez zaštite; B - sa zaštитом)

ABSTRACT

XIV. Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 08.-11. juni, 1987.

Z. Djordjević and D. Kosanović

A NEW METHOD OF PACEMAKER PROTECTION AGAINST EXTERNAL ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

Studies have been conducted to evaluate the protective capabilities of a special designed vest of metallized textile fabric. On the basic of the results, the authors concluded that the use of a special vest of metallized fabric is very reliable method to reduce the risk of pacemaker malfunctions influenced by external electromagnetic interference.

Literatura:

1. O'Donoghue JK: Inhibition of a demand pacemaker by electrosurgery.
Chest, 64:664-666, 1973.
2. Smyth NP and col.: The pacemaker patient and electromagnetic environment.
JAMA, 227:1412, 1974.
3. Starmer CF and col.: Electrical hazards and cardiovascular function. New Eng. J. Med. 284:181-186, 1971.
4. TB/MED 523: Technical Bulletin US Army, 1980.

XIV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja
Novi Sad, 8-11. juni 1987.

MJERENJE RAZINE ZRACENJA I PROCJENA OPASNOSTI KOD KRATKOVALNE
RF I MIKROVLNE MEDICINSKE DIJATERMIJE

M. Novaković

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta
u Zagrebu

Sažetak

Jedna od brojnih aplikacija mikrovalova (MV) i radiofrekvencijske dijatermije je kod medicinske dijatermije. Mehanizam međudjelovanja MF i RF zračenja i biološkog materijala je vrlo složen i ovisan o nizu faktora. Ne postoji uskladenost nacionalnih propisa o razinama zračenja na međunarodnom nivou, te su raširene kontroverze pri ocjeni štetnosti ovih zračenja. Mjerenje zračenja kod uređaja koji se koriste za medicinsku dijatermijsku ukuvaljuje relativno značajne gustoće snage kojima su izloženi operateri i pacijenti.

Ključne riječi: mikrovalovi, radiofrekvencija, medicinska dijatermija, gustoća snage, termalni efekt.

Dio elektromagnetskog spektra zračenja između 300 GHz (valne duljine 1 mm) i 300 MHz (1 m) konvencionalno se smatra područjem mikrovalova (MV). Po istoj neformalnoj konvenciji niže frekvencije nazivaju se područjem radiofrekvencija (RF). Biološki efekti MV i RF i njihove praktične implikacije privukli su u posljednje vrijeme veliku pažnju izraženu naročito za područje valnih duljina reda veličine dimenzije ljudskog tijela ili njegovih dijelova. To područje obuhvaća frekvencije između 10 MHz (30 m) i 10 GHz (3 cm). U granicu od 10 MHz (valna duljina 30 m) ugrađen je fenomen reduciranja valnih duljina zbog visokih dielektričnih konstanti bioloških tvari.

Karakteristike elektromagnetskog polja RF/MV zračenja uređaja za medicinsku dijatermiju

Količina energije MV/RF zračenja, koja određuje prirodu interakcije s biološkim tvarima, je manja od termalne energije molekula na sobnoj temperaturi (0.03 eV). MV/RF su konzervativno neionizirajuća zračenja,

a primarni mehanizam njihove interakcije s biološkim sistemom je stimuliranje vibracija i rotacija električki polariziranih molekula (npr. voda) . Navedeni efekt se manifestira kao lokalno povećanje topline i našao je primjenu u medicinskoj dijatermiji i MV pećima.Uredaj koji za medicinsku terapiju koriste MV/RF putem antene generiraju zračenje koje se precizno lokalizira na tkivo koje treba liječiti.Zračenje antene je divergentno; udaljavanjem antene od pacijenta povećava se površina zagrijavanja, ali se simultano smanjuje intenzitet.Pomicanje pacijenta ne utječe na rad, jer se on nalazi slobodno u polju zračenja antene.Na taj način se postiže ravnomjerno zagrijavanje različitih tkivnih slojeva i nema bojazni od lokalnog pregrijavanja tkiva.

Uredaj za MV i RF dijatermiju uobičajeno imaju izlazne snage u području od 100-400W .Ovisno o dizajnu rade na jednoj od 7 frekvencija: 3-u MF ili VHF pojasu (13.56 MHz; 27.12 MHz i 40.68 MHz), a 4 u mikrovalnom području (915 MHz; 2450 MHz; 5800 MHz i 22125 MHz).

Ispitana su tri takva uređaja:jedan mikrovalni MEDITRON 201 (2450 MHz,izlazna snaga do 200W) i dva kratkovalna: OSCILOTERM 400 E (27.12 MHz,izlazna snaga 400W) i RADIOTERM-400 (27.12 MHz,izlazna snaga 400 W).Sva tri uređaja ispitana su u uvjetima njihove uobičajene primjene u prostoriji veličine $18 m^2$.Snaga im se može mijenjati kontinuirano,a vrijemenskim prekidačem odreduje se automatski trajanje zagrijavanja.Komandni stol smjesten je u istoj prostoriji u kojoj je i antena,te se operater nalazi u blizini generatora zračenja.

Prilikom ispitivanja mjerena su lutajuća elektromagnetska polja koja mogu ozračiti operatera,ali i dijelove tijela pacijenta koji nisu pod terapijom.Mjerenja su izvršena uređajem RAHAM 4A (frekventni opseg 26 kHz-26 GHz),a rezultati su za pojedina mjerna mjesta izraženi u terminu gustoće snage (W/m^2).Rezultati mjerena prikazani su u tablici 1.

TABLICA 1

Uredaj	Operator uz komandni stol W/m^2	Pacijent kod zračenja ramena na mjestu: noge gonade prsa glave W/m^2						Hodnik W/m^2
		11	7	8	4	do	0.1	
MEDITRON	10							
OSCILOTERM 400 E	150	5	13	21	64	do	0.1	
RADIOTERM 400	170	5	15	22	57	do	0.1	

Mikrovalni dijatermički uredaj, koji je radio s 2450 MHz, generirao je polje zračenja gustoće snage do 30 W/m^2 na mjestu operatora uz komandni stol. Kod RF-kratkovalne dijatermije (frekvencija 27.12 MHz) polje je iznosilo 150 W/m^2 za OSCILOTERM 400 E i 170 W/m^2 za RADIOTERM-400. Kod tih uredaja izmjerena su i polja veće gustoće snage u blizini neoklopljenih kablova koji povezuju aplikator s 27.12 MHz generatorom. Mjerenjem je ispitana distribucija polja zračenja oko aplikatora na različitim dijelovima tijela pacijenta.

Zaključak

Zagrijavanje dijelova tijela može se smatrati opasnim ako se toplina ne odvodi tjelesnim regulacionim mehanizmom dovoljno brzo da se spriječi lokalni porast temperature koji bi trajno oštetio tkivo. Danas se eksperti slažu da oštećenje tkiva zbog dielektričnog grijanja nastaje kod gustoća snage iznad 100 W/m^2 . Za MV i RF polja manjih intenziteta postoji velika kontroverza u pogledu potencijalne biološke štetnosti između eksperata na Zapadu i Istoku. U SSSR-u i Poljskoj izvještava se o fiziološkim

i psihološkim efektima kod vrlo malih gustoća snage,a istraživanja na Zapadu (SAD,Kanada) to ne verificiraju.Ove kontroverze u pogledu procjene biološke štetnosti neionizirajućih zračenja reflektiraju se i u nacionalnim standardima za koje ne postoji međunarodni konsenzus.U SSSR-u npr. dozvoljena granica gustoće snage je 0.1 W/m^2 ,a u SAD ta razina je 100 W/m^2 ,tj. 1000 puta veća.Kod nas nisu doneseni globalni propisi za ta zračenja.Apsorpcija energije MV i RF ovisi o nizu faktora:frekvencije,snage izvora,udaljenosti,veličine subjekta i njegove građe.Za frekvencije veće od 500 MHz apsorpcija je nezavisna od frekvencije.Kod 65 do 70 MHz "prosjecan čovjek" (visina 175 cm) je manje ili više rezonantan,njegova visina je kod tih frekvencija jednaka polovici valne duljine.Apsorpcija je maksimalna ako je subjekt orijentiran paralelno s električnim poljem.Prema dobivenim rezultatima mjerenja gustoće snage kratkovalni RF medicinski dijatermički uredaji izlažu operatore poljima relativno velike gustoće snage.Ovo ukazuje na potrebu daljnjih kontinuiranih ispitivanja zračenja ovkovi uredaja i donošenje adekvatne zakonske regulative emisionim i ekspozicionim standardima.

Abstract

Among numerous applications microwaves and radiofrequency radiations have special one for medical diathermy.There is a complex relationship between the electric and magnetic fields radiating from a device and the energy absorbed by the body of an exposed person. There is no international consensus about the safety limits of these radiations and that gives rise to a lot of controversies about evaluation of their health hazards.Measurement of short Wave diathermy emissions showed that the operators and pacients had been exposed to a moderately high levels of exposure (even exceeding present U.S.safety standards).

Literatura

- 1/ Special Issue on Biologioal Effects and Medical Applicatons of Electromagnetic Energy,IEEE Proceedings,Vol.68,No.1,Jan.1980.
- 2/ "Safety Level of Electromagnetic Radiation with Respect to Personnel",American National Standard C95.I-1974.Available from the IEEE,Piscataway,N.J.
- 3/ Gandhi,O.P.:Conditions of Strongest Electromagnetic Power Deposition in Man and Animals.IEEE Trans.Microwave Theory Tech. 23: 1021-1029 (1975).

dipl. ing. N. Pišl

INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA

I MEDICINU RADA, Zagreb, M. Pijade 158

POGREŠKE MJERENJA I BAŽDARENJE INSTRUMENATA ZA MJERENJE

INTENZITETA RADIOFREKVENCIJSKOG I MIKROVALNOG ZRAČENJA

SAŽETAK

Pogreške mjerena intenziteta radiofrekvencijskog i mikrovalnog zračenja su uzrokovane razlikom uvjeta pri baždarenju i mjerenu (refleksije, raspodjela polja, modulacija). Spomenute su neke metode baždarenja instrumenata za mjerenu intenziteta zračenja. To su baždarenja u slobodnom prostoru, elektromagnetski gluhoj komori, valovodu i transverzalnoj elektromagnetskoj (TEM) komori.

Ključne riječi: radiofrekvencije, mikrovalovi, mjerenu intenziteta zračenja

1. UVOD

Poznavanje raspodjele elektromagnetskog polja je osnova za proučavanje bioloških učinaka elektromagnetskog zračenja. Zato je potrebno poznavati sve karakteristike elektromagnetskog polja, odnosno instrumenta kojim se to polje mjeri. U nastavku, bit će govoriti samo o širokopojasnim ručnim instrumentima za mjerenu intenziteta radiofrekvencijskog i mikrovalnog zračenja.

2. UZBOCI POGREŠAKA MJERENJA

Osnovni uzroci pogrešaka mjerena s ručnim instrumentima su:

- antenska proba instrumenta mora biti osjetljiva samo na polje koje mjeri, a vodovi i merna jedinicu moraju biti zastićeni od zračenja. U praksi su ipak vodovi i merna jedinica donekle izloženi zračenju;
- baždari se jednolikim planarnim valom, a polja koja se u praksi mjeru su nejednolika zbog refleksija, utjecaja bliske zone i sl.;

- prisustvo operatera i instrumenta mijenja raspodjelu polja (1,2).

Zbog potrebe mjerjenja polja različitih intenziteta i u širokom frekven-
cijskom području, te različiti vrsta modulacije, treba poznavati korekcione faktore instrumenta (3). Prije mjerjenja treba baždariti instrument na frekvenciji
nuda uređaja čije se zračenje mjeri.

3. OSNOVNE METODE BAŽDARENJA

U slobodnom prostoru (1,4), za frekvencije od 10 kHz do 1000 MHz, koriste se dvije tehnikе:

- usporedba pokazivanja instrumenta i izračunate vrijednosti;
- mjerjenje polja instrumentom poznatih karakteristika i usporedba s pokazivanjem instrumenta koji se baždari.

Baždarenje u elektromagnetski gluhoj komori (1,2,4,5) se koristi za frekvencije od 0,2 do 18 GHz. Instrument se postavlja u točku u kojoj je teoretski izračunato polje i taj se iznos usporeduje s pokazivanjem instrumenta. Ovakvim baždarenjem se smanjuju na minimum pogreške nastale zbog refleksija, nesigurnosti u određivanju dobitka antene i udaljenosti instrumenta od izvora zračenja. Može se postići točnost između 0,5 i 1 dB.

Baždarenjem u valovodu (1) može se precizno izračunati intenzitet zračenja vala koji putuje kroz valovod, a za baždarenje je potreban mali prostor i mala snaga generatora. Metoda je pogodna za frekvencije do 2,6 GHz, jer instrument koji se baždari mora biti mali u odnosu na valnu duljinu. Ako je najveća dimenzija probe koja se baždari i stavlja u valovod manja od 1/3 najmanje dimenzije valovoda, pogreška neće biti veća od ± 1 dB.

Transverzalna elektromagnetska (TEM) komora (1,2,4,5) predstavlja trakastu strukturu, a sastoji se od tri paralelne ploče koje djeluju kao prijenosni liniji i bočnih stranica koje sprečavaju prolaz neželjenog zračenja. U takvoj ko-

mori je moguće postići polje čiji se iznos u sredini komore može lako izračunati, pa se ono koristi za baždarenje na frekvencijama ispod 500 MHz, gdje je baždarenje u slobodnom prostoru nepraktično. Ukupna mjerena nesigurnost je od $\pm 0,5$ do ± 2 dB.

4. ZAKLJUČAK

Iz svega izloženog se vidi da je postupak baždarenja ovisan o frekvenciji i intenzitetu radi nepostojanja širokopojasnih linearnih antenskih mjernih pribora. I uz vrlo točno baždarenje mjeri instrument (npr. u elektromagnetski gluhoj komori) pri upotrebi instrumenta postoji niz faktora koji utječu na točnost mjerjenja. Tako npr., korištenje korekcionih faktora zahtijeva poznavanje elektromagnetskog spektra, a osjetljivost antenskog sustava na polarizaciju uzrokuje različito pokazivanje instrumenta u ovisnosti o položaju probe. Širokopojasnim instrumentima nije moguće lokalizirati izvor zračenja u elektromagnetskom spektru. Ukoliko je to potrebno, treba koristiti selektivne voltmetre ili spektralne analizatore.

5. LITERATURA

1. WHO: Environmental Health Criteria 16-Radiofrequencies and Microwaves. Ženeva, 1981: 36-40.
2. BOSTRÖM R., MILD K.H., NILSSON G.: Calibration of Commercial Power Density Meters at RF and Microwave Frequencies. IEEE Trans. Instrum. Meas., 1985; IM-35: 111-5.
3. KOREN Z.: Kalibracija instrumenta za mjerjenje gustoće snage - RAHAM model 4 A, General Microwave Corporation. Zavod za visokofrekventnu tehniku, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1986.

4. NAHMAN N.S., KANDA M., LARSEN E.B., CRAWFORD M.L.: Methodology for Standard Electromagnetic Field Measurements. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 1985; IM-34: 490-503.

5. TOFANI S., ANGELISIO L., AGNESOD G., OSSOLA P.: Electromagnetic Standard Fields: Generation and Accuracy Levels from 100 KHz to 990 MHz. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 1986; MTT-34: 832-5.

XIV Jugoslavenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 8-11. juni, 1987.,
Pišl N.: The Measurement Errors and Calibration of Radiofrequency and Microwave Power Density Meters.

ABSTRACT

The errors in radiofrequency and microwave power density measurement are caused by difference in conditions of instrument calibration and measurement conditions (reflections, field disturbance, modulation). Some techniques for calibration of power density meters such as free-space, microwave anechoic chamber, waveguide and transverse electromagnetic (TEM) - cell calibration are mentioned.

Key Words: radiofrequencies, microwaves, power density measurement.

REGISTAR OSOBA PROFESIONALNO IZLOŽENIH RADIO-VALNOM ZRAČENJU

Durek M., Elektrotehnički fakultet u Zagrebu

Goldoni J., Institut za medicinska istraživanja i medicinsku rada, Zagreb

Istraživanje utjecaja radio-valnog zračenja

Istraživanje učinaka radio-valnog zračenja se vrši putem bioloških i epidemioloških studija (1). Na obje razine istraživanja uvjete izloženosti nadzire isti tehnički tim, što omogućava planiranje i vodenje bioloških pokusa u kontroliranim i realnim uvjetima.

Poseban problem u čitavom istraživanju, a osobito u okviru epidemioloških studija, je pohrana i evaluacija ogromne količine podataka. To su, s jedne strane, podaci o zdravstvenom stanju svakog pojedinog radnika, a s druge strane, podaci o uvjetima ekspozicije na radnim mjestima.

Struktura podataka o zdravstvenom stanju ispitanika je prikazana na slici 1., a struktura podataka o radnim uvjetima na slici 2.

Prikupljanje informacija o utjecaju radio-valnog zračenja

Informacije koje se unose u bazu podataka uzimaju se iz zdravstvenih kartona (osobni podaci) ili se prikupljaju na redovitim ili izvanrednim pregledima i pretragama koji se obavljaju na ispitanicima. Dio informacija koje se odnose na stručnu interpretaciju dobivenih nalaza unose se u registar naknadno.

Sam unos podataka obavlja se pomoću maski na ekranu, čije oblikovanje omogućava korišteni program za posluživanje baze podataka, npr. dBASE III Plus (2,3). Svi se podaci kod unosa automatski kontroliraju. Kako su to u pravilu numerički podaci, ova kontrola je uglavnom kontrola na raspon. Sve učinjene pogreške dojavljuju se na ekranu, te ih na licu mesta treba ispraviti, što u pravilu nije problem, jer su u tom trenutku na dohvat originalni dokumenti. Tek kada su sve pogreške uklonjene, dozvoljava se fizičko zapisivanje informacija u bazu podataka.

Upotreba informacija pohranjenih u registru

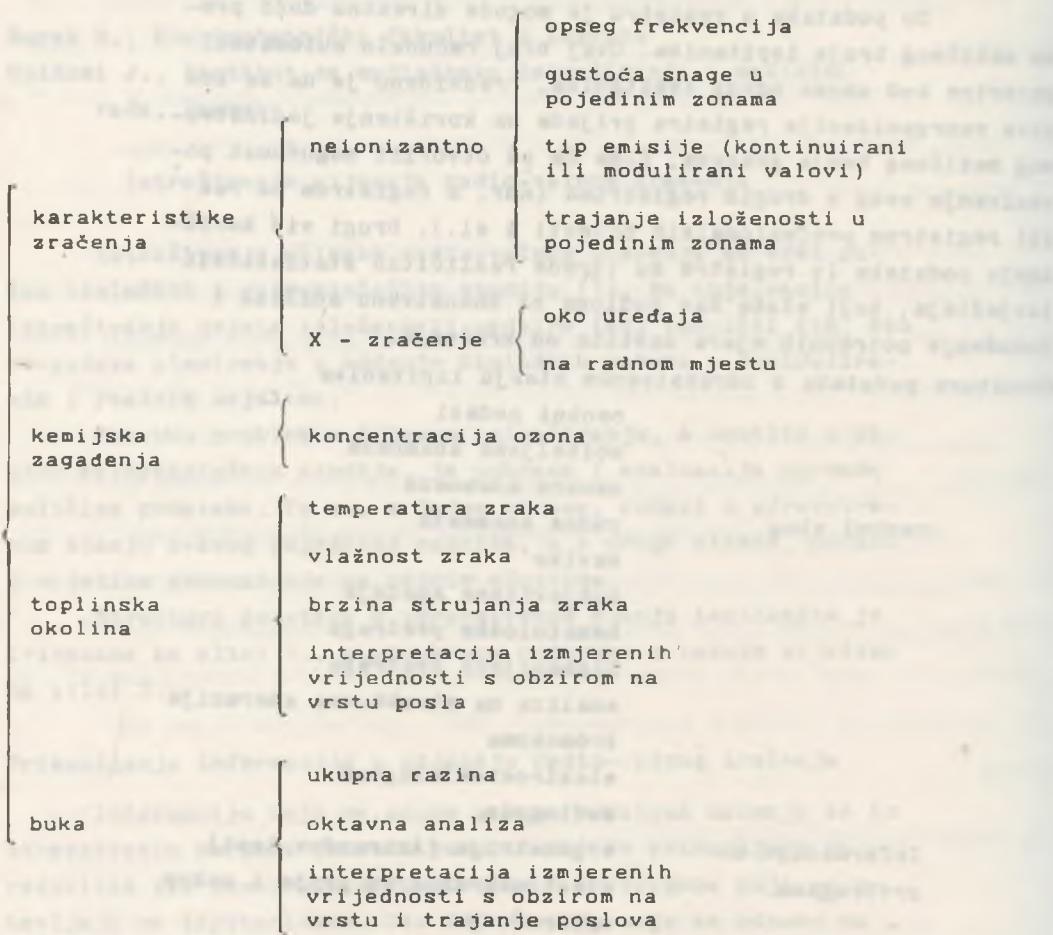
Do podataka u registru je moguće direktno doći preko matičnog broja ispitanika. Ovaj broj računalo automatski generira kod unosa novog ispitanika. Predviđeno je da se kod prve reorganizacije registra prijede na korištenje jedinstvenog matičnog broja gradana, čime će se otvoriti mogućnost povezivanje ovog s drugim registrima (npr. s registrom za rak ili registrom profesionalnih bolesti i sl.). Drugi vid korištenja podataka iz registra su izrade različitih statističkih izvještaja, koji služe kao podloga za znanstvenu analizu i donošenje potrebnih mjera zaštite od zračenja.

Struktura podataka o zdravstvenom stanju ispitanika

osobni slog	osobni podaci obiteljska anamneza osobna anamneza radna anamneza navike subjektivne smetnje hematološke pretrage biokemijske pretrage analiza na strukturne aberacije kromosoma elektroencefalogram audiogram
Informacije o pretragama	ergometrija (Astrandov test) elektrokardiogram prije i nakon opterećenja
zdravstveno stanje	tlak prije i nakon opterećenja spirometrija prije i nakon opterećenja antropometrija internistički otorinolaringološki
informacije o pregledima	oftalmološki kapilaroskopija psihologičko testiranje normalni granični promijenjeni
nalazi	

Uvjeti na radnom mjestu

Struktura podataka o uvjetima na radnom mjestu



ABSTRACT: XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od
izrađenja, Novi Sad, 08. - 11. juli 1987 Durek M., Goldoni J.,
A REGISTER OF PERSONS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO RADIO-WAVES:

The structure of register of persons occupationally exposed to radio-waves is presented. The methods for collecting, entering and evaluating register data are discussed. The register is intended to be used for research, working ability assessment and for evaluating the efficiency of protective measures.

Keywords: epidemiological studies, data base, working ability assessment.

Literatura

1. WHO. Nonionizing radiation protection. Copenhagen,
WHO Regional Office for Europe, 1982: 98-153.
2. Ashton-Tate. Learning and Using dBASE III Plus. Volume I
Wokingham, 1986: 310 str.
3. Ashton-Tate. Programming with dBASE III Plus. Volume II
Wokingham, 1986: 415 str.

ZDRAVSTVENI UČINCI RADA S VIDEO-TERMINALIMA

Šarić A., Goldoni J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Sažetak

U skupini od 30 ispitanika, zaposlenih na video terminalima, izvršen je detaljan medicinski pregled, pri čemu je opažen veliki broj graničnih i promijenjenih elektroencefalografskih nalaza, te brojne oftalmološke promjene.

Prethodno je na radnim mjestima pregledanih radnika izmjerena intenzitet rendgenskog i radio-valnog zračenja.

Uvod

Video-terminal sačinjavaju tri osnovna dijela: centralna jedinica, tastatura i monitor. U centralnoj jedinici se izvršavaju učitani programi, dok tastatura i monitor omogućavaju komunikaciju između uređaja i operatera.

Zdravstveni učinci mogu se javiti kao posljedica zračenja katodne cijevi (rendgensko zračenje, vidljiva svjetlost, infracrveno i ultraljubičasto zračenje), i horizontalnog otklonskog sistema (radio-valovi), ali mogu nastati i kao rezultat neadekvatnih ergonomskih rješenja i loše organizacije rada s video-terminalima (1,2).

Materijal i metode

Ispitivanjem je obuhvaćena skupina od 14 žena i 16 muškaraca. Za svakog radnika je ispunjen upitnik s kompletnom osobnom, obiteljskom i radnom anamnezom.

U radu su prikazani rezultati okulističkog pregleda, te snimara elektroencefalograma.

Okulistički pregled se sastojao od ovih pretraga: Javal, oštrina vida, reakcija zjenica na svjetlo, oftalmoskopija u midrijazi - presvjetljavanje prozirnih medija paralakscem, tiomikroskopija, te foto snimka prednjeg segmenta oka. Također je ispitivano postojanje opaciteta u leći, chorioretinitisa, retinopathiae i promjene žilja na očnoj pozadini.

EEG je snimljen 8-kanalnim aparatom Mingo-graf Junior, Siemens-Elema.

Mjerenjem intenziteta rendgenskog zračenja (Victoreen 471 Survey Meter i TLD-i CaF₂:Mn) su utvrđene doze koje odgovaraju vrijednostima prirodnog zračenja (fona) s malim fluktuacijama po pojedinim uređajima.

Gustoća snage emitiranog radio-valnog zračenja mjerena uređajem Raham 4A, iznosila je na površinama ekrana 5 µW/cm²-1,2 mW/cm², a na radnim mjestima 0-20 µW/cm².

Rezultati

Rezultati specijalističkih oftalmoloških pretraga (Tablica 1) ukazuju na smanjenu oštrinu vida kod 40% ispitanika, zamućenje leće kod 63,4% ispitanika, te promjene žilja očne pozadine kod 56,7% ispitanika.

Graničan i promijenjen EEG nalaz ima 50% ispitanika, i to češće žene (64,3%) nego muškarci (37,5%).

Tablica 1. Rezultati oftalmološkog pregleda

OFTALMOLOŠKI PREGLED

SVOJ	OŠTRINA VIDA			ZAMUĆENJE LEĆE						OČNA POZADINA					
	Normalna	Smanjena	Nema	Jedno oko			Ima Oba oka	br	%	U fizio- loškim granicama			Morfološke i funkciona- lne pro- mjene		
				br	%	br	%	br	%	br	%	br	%	br	%
ŽENE	9	64,3	5	35,7	8	57,2	3	21,4	3	21,4	8	57,1	6	42,9	
MUŠKARCI	9	56,2	7	43,8	3	18,8	8	50,0	5	31,2	5	31,2	11	68,8	
UKUPNO	18	60,0	12	40,0	11	36,7	11	36,7	8	26,7	13	43,3	17	56,7	

Tablica 2. Rezultati elektroencefalografskog snimanja

SPOL	EEG NALAZ		NORMALAN		GRANIČAN		PROMIJEHENJEN	
	br	%	br	%	br	%	br	%
ŽENE	5	35,72	8	57,14	1	7,14		
MUŠKARCI	10	62,50	1	6,25	5	31,25		
UKUPNO	15	50,0	9	30,0	6	20,0		

Diskusija i zaključak

Mjerenja su pokazala da na površinama ekrana i oko visokonaponskih dijelova, gustoća snage elektromagnetske energije na pojedinim uredajima premašuje dozvoljene vrijednosti prema strožijim standardima u svijetu (3). Intenzitet zračenja na radnim mjestima je uglavnom znatno niži, no ponekad je i tu iznad dozvoljenih granica.

Opisani zdravstveni učinci su opaženi u maloj skupini ispitanika, bez nalaza prethodnih pregleda, te bez mogućnosti usporedbe s prikladnom kontrolnom skupinom. Stoga zasad ne možemo objasniti koji su od promijenjenih nalaza, i u kojoj mjeri, uzrokovani nešto povećanim intenzitetom zračenja, no rezultati ove i dosad izvršenih studija (4) svakako upućuju na daljnja istraživanja, te trajni medicinski nadzor osoba koje rade s video-terminalima.

Literatura

1. Pearce B.G. Health Hazards of VDTs? John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1985: 3-244.
2. Pomoroy C. and Noel L. Low Background Radiation Measurements on Video Display Terminals. Health Physics 1984; 4(2): 413-417
3. WHO. Radiofrequency and microwaves, Geneva 1981 (Environmental Health Criteria, No.15): 1-134

4. Goldoni J. Health and Ergonomic Aspects of using Video Display Terminals.
In International Scientific Conference "Work with Display Units", Proceedings,
part II, Stockholm 12-15 May 1986: 639-641

Abstracts

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 08-11. juni 1987.

Šarić A., Goldoni J.

HEALTH ASPECTS OF USING VIDEO DISPLAY TERMINALS

A group of thirty VDT operators underwent a detail medical examination. A great number of suspected findings and changed electroencephalograms, and numerous ophtalmological changes were observed.

The measurements of weak X-radiation, and radiofrequency power densities at the workplaces of the examined workers, were taken.

Key words: VDT operators health, VDT work places

6. sekcija: DOZIMETRIJA

V.Spašić*, D.Palogorit, D.Novković**

* Savezni zavod za mere i dragocene metale

** Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

OREZBEDJENJE MERNOG JEDINSTVA U OBLASTI MERENJA RADIOAKTIVNOSTI

Uvod

Da bi se obezbedila potrebna tačnost i usaglašenost merenja radioaktivnosti na nivou pojedinačnih korisnika neophodno je realizovati osnovne tehničke i institucionalne elemente mernog sistema (1-3).

Tehničku osnovu mernog sistema čine sledeći elementi:

- uspostavljanje nacionalnih primarnih etalona aktivnosti kroz razvoj primarnih etalonskih uređaja i metoda,
- verifikacija razvijenih uređaja i metoda u interkomparativnim merenjima(4) i preko internacionalnog referentnog sistema - SIR, (5) u organizaciji Međunarodnog biroa za mere i tegove - BIPM,
- razvoj sekundarnih etalonskih uređaja i metoda verifikacije sa primarnim radioaktivnim standardnim referentnim materijalima - RSRM,
- razvoj radnih etalona i metoda verifikacije sa sekundarnim RSRM.

Institucionalne elemente mernog sistema čine međunarodne etalonske laboratorije (BIPM, IAEA¹), nacionalne primarne i sekundarne laboratorije, profesionalna međunarodna (na pr. ICRU² ICRM³) i nacionalna udruženja.

Realizacija ovih osnovnih elemenata mernog sistema čini preduslov za obezbeđenje mernog jedinstva u jednoj zemlji.

Merno jedinstvo predstavlja integralnu kategoriju koja podrazumeva jedinstvo, etalona i jedinstvo merenja. Jedinstvo etalona znači da je merilo sa kojim se meri neka fizička veličina pregledano u propisanim vremenskim intervalima sa etalonima koji su vezani za nacionalne etalone prema šemi klasifikacije etalona. Na taj način jedinstvo etalona je u vezi sa tačnošću merila dok se jedinstvo merenja odnosi na kvalitet samog merenja koji zavisi ne samo do tačnosti merila, već i od niza drugih faktora koji mogu uticati na tačnost merenja (3,6, str.363 i 389).

Šema klasifikacije etalona, prema prporuci OIML⁴, definiše etalone prema nivou merne nesigurnosti koje ostvaruje većina zemalja, članica OIML. Međutim možeće je da u manje razvijenim zemljama pojedine klase etalona imaju veću mernu nesigurnost.

Ostvarenje etalona aktivnosti

Uspostavljanje nacionalnih primarnih etalona aktivnosti realizuje se kroz razvoj primarnih etalonskih uređaja i metoda za apsolutno merenje aktivnosti. Ovim

¹ International Atomic Energy Agency

² International Commission on Radiation Units

³ International Committee for Radionuclide Metrology

⁴ International Organization for Legal Metrology

uredjajima i metodama ostvaruju se primarni RSRM različitih radionuklida preko kojih se vrši prenos mernе jedinice za aktivnost sa primarnih na etalone niže klase.

Metodama za apsolutno merenje aktivnosti se određuje direktno iz izmerene brzine brojanja radioaktivnog izvora i niza korekcionih faktora koji se određuju nezavisno i za svaki radionuklid posebno. Veličina korekcije zavisi od šeme raspada radionuklida, karakteristika uredjaja i efekata samoapsorpcije i apsorpcije zračenja. U većini slučajeva ukupna korekcija je 5% ne uzimajući u obzir korekciju za šemu raspada.

Za veliki broj radionuklida koji emituju alfa-gama, beta-gama i X-gama zračenje primarni RSRM ostvaruju se 4% (β/γ , X) koincidentnim uredjajem, odnosno metodom u različitim varijantama (1,7). Za apsolutno merenje aktivnosti radionuklida koji emituju čisto beta zračenje energije $>0,2$ MeV kao primarni etalonski uredjaji koriste se 4% prototični proporcionalni brojači i 4% beta metoda. Ovi uredjaji istovremeno se koriste i za apsolutno merenje alfa radionuklida u 4% , ili mnogo češće, u 2% geometriji (1,7). Za tačnije određivanje korekcija za efekte samoapsorpcije i apsorpcije beta zračenja 4% beta metodom, primenjuje se tz. metoda trasera uz korišćenje 4% (β/γ) koincidentnog uredjaja, gde je traser pogodan beta-gama radionuklid (1).

Primarni RSRM niskoenergetskih beta emitera kao što su ^{3}H , ^{14}C , i ^{35}S i radioaktivnih plemenitih gasova, kao ^{3}H , ^{14}C , i ^{35}S i radioaktivnih plemenitih gasova, kao ^{37}Ar , ^{85}Kr , ostvaruju se metodom internog gasnog brojanja, mešanjem radioaktivnog gasa sa radnim gasom brojača koji rade u GM ili proporcionalnoj oblasti (7).

Ukupna merna nesigurnost primarnih RSRM ostvarenih pomenutim metodama je 5% na nivou 3% (1,4,7).

Uredjaji za ostvarenje sekundarnih etalona mogu biti gasni brojači, ionizacione komore, različiti tipovi scintilacionih i poluprovodničkih detektora. Ovi uredjaji verifikuju se sa primarnim RSRM. Od sekundarnih etalonskih uredjaja posebno mesto zauzima 4% gama strujna ionizaciona komora koja je uključena u SIR kao referentni etalonski uredjaj (5).

Primarni i sekundarni RSRM

Primarni RSRM koji se ostvaruju pomoću uredjaja za apsolutno merenje aktivnosti su tanki izvori na tankim podlogama intenziteta $0,1$ kBq do 10 kBq. Ovaj oblik primarnih RSRM mehanički je neotporan i potrebno ih je često obnavljati. Zbog toga su kao primarni RSRM od trajnije vrednosti usvojeni radioaktivni rastvori (4).

Razlika izmedju primarnih i sekundarnih RSRM u obliku rastvora je samo u nivou merna nesigurnosti. Primarni i sekundarni RSRM u obliku čvrstih izvora, osim u nivou merna nesigurnosti, mogu se razlikovati i po obliku i po intenzitetu.

Aktivnost RSRM u obliku rastvora izražava se u Bq/g pa se, osim apsolutnog

merenja aktivnosti, zahteva i apsolutno merenje mase rastvora.

Verifikacija etalona na međunarodnom nivou

Nacionalne laboratorije za metrologiju radionuklida povezane su na međunarodnom nivou preko BIPM, ICRM, IAEA, OIML i ICRU. Sugu legalne metrologije ima samo BIPM koji u oblasti radioaktivnosti jedinstvo merenja na međunarodnom nivou ostvaruje na dva načina: preko interkomparacija i SIR-a.

U interkomparativnim merenjima BIPM distribuira laboratorijsama učešnicama slike jednog radioaktivnog rastvora poznate nominalne aktivnosti. BIPM sakuplja rezultate, analizira ih i proglašava ih nacionalnim primarnim etalonima za zemlje učenice.

Pošto priprema i sprovodenje interkomparacija zahteva vremena od 1978 god, BIPM je ustanovio SIR preko koga nacionalne laboratorije verifikuju RSRM ostvarene sopstvenim uredjajima i metodama (5).

Merno jedinstvo u oblasti merenja aktivnosti uzoraka iz okoline i obezbedjenje kvaliteta merenja

U ovoj oblasti institucionalno i tehničko obezbedjenje jedinstva merenja čini veza između nacionalnih i ovlašćenih izvršnih laboratorijsa uz donošenje propisa i ostvarenje odgovarajućih etalona (8).

Mnoge nacionalne laboratorije proizvode veliki broj RSRM različitih radionuklida dovoljno niskih aktivnosti (počev od 1 kBq/g) i sa dovoljnom tačnošću (2% do 5%). Ovi RSRM ustvari obezbeđuju jedinstvo etalona tj. uspostavljaju vezu između nacionalnog etalona i merila ali, zbog specifičnosti merenja uzorka iz okoline, u većini slučajeva ne obezbeđuju kvalitet merenja. RSRM ovog tipa koriste se za baždarenje mernih uredjaja pri razvoju radiohemijskih postupaka, za kontrolu u rutinskom radu, kao traseri napr. u alfa spektrometriji i za pripremanje tz. "spiked" RSRM kontaminacijom prirodnih matriksa sa poznatom aktivnošću jednog ili više radionuklida.

Merenje aktivnosti u uzorcima iz okoline često je nerealno. Zbog toga se poslednjih godina posvećuje velika pažnja kvalitetu merenja (3,6). Kvalitet analize uzorka iz okoline definišu preciznost analize, mogućnost da se izbegne ili kvantitativno odredi neželjena kontaminacija u toku izvodjenja analize i tačnost analize (6,str.363).

Izvršne laboratorije u stanju su da same provere preciznost analize na osnovu rezultata merenja većeg broja ponovljenih analiza jednog istog homogeno pripremljenog uzorka. Neželjena kontaminacija (od korišćenih hemikalija, vode, posudja) može se oceniti na osnovu analiza blanko uzorka. Tačnost merenja ocenjuje se preko kontrolnih analiza prirodnih matriks standardnih referentnih materijala - PMSRM. Slaganje između overene vrednosti PMSRM i dobijenih rezultata je direktna mera tačnosti analize.

Ostvarenje PMSRM od uzorka iz okoline sa prirodnim sadržajem radionuklida ili

"spiked" tehnikom je dugotrajan proces i zahteva dosta vremena i novca. Zbog toga mali broj zemalja razvija sopstvene PMSRM. Smatra se da je za ostvarenje jednog uzorka PMSRM potrebno 1 do 2 čovek/godina s obzirom na način pripreme i potreban broj analiza (6,str.363). Overene vrednosti PMSRM su rezultat interkomparativnih merenja više laboratorija za razliku od prirodnih matriks standardnih materijala - PMSM, koji mogu biti pripremljeni na isti način ali nisu verifikovani u interkomparativnim merenjima (6,str.377).

ICRM - grupa za merenje niskih aktivnosti, počev od svog provođenja sastanka 1976 god., gde donosi program rada čiji je glavni cilj obezbeđenje kvaliteta merenja, potiče i koordinira razvoj u ovj oblasti (6,8).

Program za obezbeđenje kontrole kvaliteta merenja aktivnosti u uzorcima iz okoline IAEA razvija već punih 20 godina. U okviru ovog programa ostvaren je veliki broj PMSRM i interkomparativnih merenja koja praktično kontinuirano teku i skoro su besplatna za zemlje, članice IAEA. Pošto većina laboratorijskih nije u stanju da proveri tačnost svojih analiza, učešće u ovim interkomparativnim merenjima daje dobru osnovu za proveru svojih merenih tehnika i kvalitet analiza.

S obzirom da nema preporuka za unificiranje postupaka i metoda merenja aktivnosti u uzorcima iz okoline, uporedljivost rezultata merenja izvršenih laboratorijskih zavisi od sledećih parametara: osetljivosti primenjene metode, tačnosti, granične greške i načina ocene greški i nivoa pouzdanosti.

Literatura

1. M.L.Cavallo, M.B.Coursey, B.S.Garfinkel, J.M.R.Hutchinson, W..Mann
Needs for Radioactivity Standards and Measurements in different fields, Nucl. Inst. Methods 112,5(1973).
2. R.Christmas: Traceability in Radionuclide Metrology, Nucl. Inst. Methods, 223, 427 (1984).
3. Requirements for an Effective National Ionizing Radiation Measurements Program, NBS Special Publication 603(1981).
4. A.Rytz: Mesures de la Radioactivite, Le Bureau International des Poids et Mesures. BIPM (1975).
5. A.Rytz: The International Reference System for Activity Measurements of γ -ray Emitting Nuclides, Int. J.Appl.Radiat. Isot. 34, 1047(1983)
6. Traceability and Quality Control in the Measurement of Environmental Activity, Env. Int. 3, No5(1980).
7. A. Handbook of Radioactivity Measurements Procedures, NBS Rep. 58 (1985)
8. Metrology Needs in the Measurement of Environmental Radioactivity Env. Int.1, Nol(1979).

Abstract

Some of the basic traceability elements are given in this paper. Traceability is given as integral category of measurements traceability and standards traceability. Realization of primary standards as well as verification on international level are shown. A particular view is given on realization of traceability in low level radioactivity measurement from environmental.

Spasić V., Mirić I.*

Savetski zavod za mere i dragocene metale, Beograd

*Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

OBEZBEDJENJE MERNOG JEDINSTVA U OBLASTI DOZIMETRIJE
ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

UVOD

Merno jedinstvo je metrološka uredjenost koja podrazumeva materijalizovanje, reproducovanje i prenošenje vrednosti mjerne jedinice od primarnog (medjunarodnog i nacionalnog) etalona preko sekundarnih i radnih etalona do merila. Obezbedjenje mernog jedinstva sa svetom i u zemlji obuhvata, pored ostvarivanja etalona, formiranje laboratorija, obezbedjenje stručnog kadra, izradu metroloških propisa i unifikaciju metoda etaloniranja i merenja. Jedan od osnovnih zadataka je ustanavljanje odnosa merne nesigurnosti sredstava merenja, koje propisuju nacionalne metrološke organizacije, a predstavljeni su kroz metrološke šeme klasifikacije etalona.

Šema klasifikacije etalona, pored hijerarhije etalona, daje i načine upotrebe etalona kao i merne metode za prenošenje vrednosti mjerne jedinice sa nacionalnog primarnog etalona na sekundarne i radne etalone, a preko njih na merila. Šema klasifikacije je model koji sadrži podatke preporučene od strane stručnih medjunarodnih tela u okviru Medjunarodne organizacije za zakonsku metrologiju (OIML), ali ostavlja mogućnost izbora pri realizaciji etalona različitih nivoa. Šema klasifikacije daje podatke o principima za ostvarivanje etalona, mernoj nesigurnosti, mernom opsegu, metodama i uredjajima za prenos jedinice.

U ovom radu je dat predlog šeme klasifikacije za ekspozicionu dozu i ukazano je na probleme vezane za klasifikaciju etalona za apsorbovanu dozu elektromagnetskog zračenja.

MERNE NESIGURNOSTI ETALONA

Merna nesigurnost etalona definisana je granicom greške merila. Preporučuje se da ukupna merna nesigurnost primarnog etalona bude za jedan red veličine niža od granice greške merila. Prema Nacionalnom birou za standarde SAD (NBS) potrebne merne nesigurnosti za etalone u dozimetriji elektromagnetskog zračenja, u zavisnosti od namene, imaju vrednosti date u tabeli 1. NBS ne specificira da li se radi o ekspozicionoj ili apsorbovanoj dozi.

Tabela 1. Merne nesigurnosti etalona i dozvoljene granice grešaka merila za različite vrste merenja (prema NBS/1/)

Vrsta merenja	Merila	E t a l o n i		
		Radni	Sekundarni	Nacionalni
Radioterapija	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$	$\pm 1,5\%$	$\leq \pm 1\%$
Dijagnostika, X zračenje	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$	$\leq \pm 2\%$
Nuklearna medicina (beta-gama zračenje)	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm (2-5)\%$	$\pm (2-3)\%$
Profesionalna primena (dozimetrija polja)	$\pm 20\%$	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
Profesionalna primena (lični dozimetri)	$\pm (30-50)\%$	$\pm (3-5)\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
Zračenje u okolini	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 3\%$	$\pm 3\%$

Iz navedenog sledi da ako se usvoji jedan nacionalni etalon za ekspozicionu i jedan za apsorbovanu dozu, maksimalna ukupna merna nesigurnost za svakog treba da bude ispod $\pm 1\%$.

Ne postoji zvanični stav koji bi definisao šta treba da bude primarni etalon. Primarni etalon mora da ima odredjene kvalitete kao što su zadovoljavajuća merna nesigurnost, univerzalnost, nepromenljivost i mogućnost prenosa merne jedinice.

S obzirom da u našoj zemlji nije ostvareno merno jedinstvo u dozimetriji elektromagnetskog zračenja, a da dozimetrija dobija sve veći značaj, to ostvarenje predložene šeme omogućava uspostavljanje mernog jedinstva u oblasti dozimetrije elektromagnetskog zračenja.

EKSPOZICIONA DOZA

Postoje dva konceptualno različita pristupa pri realizaciji jedinica ekspozicione doze: definisanim snopom fotona iz radioaktivnih izvora (LMRI/2/) ili jonizacionim komorama (NBS/1/, NPL/3/, BIPM/3/, ...).

Pri realizaciji primarnog etalona jonizacionim komorama postoje dva kriterijuma:

- primarnim etalonom vrši se direktno merenje ekspozicione doze i
- primarnim etalonom vrši se merenje sa najmanjom mernom nesigurnošću.

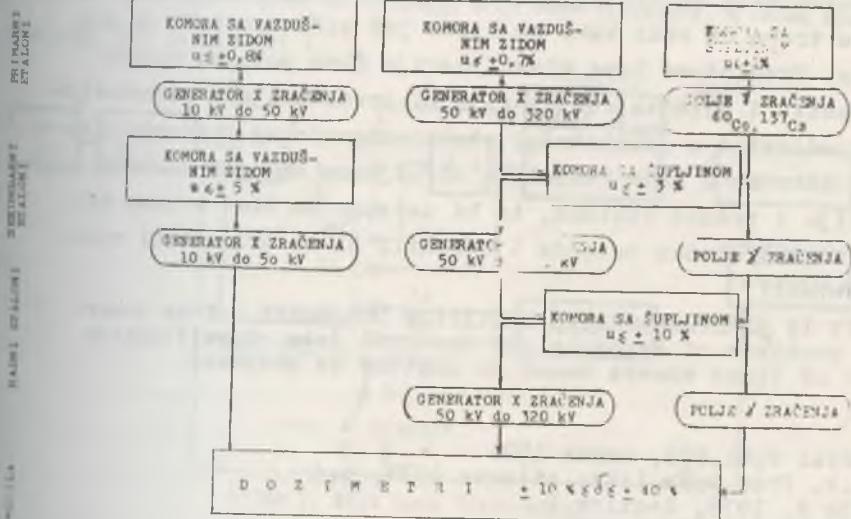
Jedan broj zemalja koji je prihvatio prvi kriterijum kao nacionalni etalona definiše jonizacionu komoru sa vazdušnim zidom, a komoru sa šupljinom smatra izvedenim etalonom (NBS/1/, SEV/4/,...) Drugi, uzimajući kao kriterijum postignutu mernu nesigurnost, za

nacionalni etalon za ekspozicionu dozu X i gama zračenja proglašava-ju komoru sa vazdušnim zidom i komorom sa šupljinom, respektivno (NPL/3/, OMH/5/...).

U svim zemljama sekundarni etaloni su ionizacione komore sa vazdušnim zidom ili sa šupljinom (u zavisnosti od energetske oblasti), dok se kao radni etaloni koriste samo komore sa šupljinom.

Analizirajući ove postavke, odlučili smo se da predložimo da primarni etaloni budu ionizacione komore, a da merna nesigurnost bude odlučujući kriterijum pri izboru jugoslovenskog (primarnog) etalona. Uzimajući u obzir ove kriterijume i analizirajući raspoložive informacije o etalonima u svetu, predlaže se šema klasifikacije etalona za ekspozicionu dozu elektromagnetnog zračenja data na slići 1. Polja X i gama zračenja, po ovoj šemi, služe za prenos jedinice ekspozicione doze sa primarnog etalona na merila. Kvalitet polja mora da bude u saglasnosti sa Međunarodnim standardom ISO 4037. Merna nesigurnost etalona je definisana kao srednje kvadratno odstupanje sa vjerovatnoćom 16. Klasifikaciju merila definišu granice greške. Podaci za granice greške se odnose na merila koja se koriste u zaštiti od zračenja, dok su one kod merila u radioterapiji znatno niže.

ENERGETSKA OBLAST NISKOENERGETSKO X ekvival. 10KV do 50KV SREDNJE ENERGETSKO X ekvival. 50KV do 320KV GAMA ZRAČENJE 660 keV i 1,33 MeV



Slika 1. Klasifikacija etalona za ekspozicionu dozu

APSORBOVANA DOZA

Jedinica apsorbovane doze se u primarnim laboratorijama realizuje pomoću kalorimetra, pri čemu se najčešće koristi grafitni kalorimetar sa deklarisanom mernom nesigurnošću do $\pm 1\%$. Primena kalorimetra nije ograničena na energetsku oblast zračenja, ali precizna merenja iziskuju snažne izvore zračenja.

U većem broju zemalja koje raspolažu primarnim etalonom za apsorbovanu dozu još uvek nije sproveden korektan prenos jedinice sa primarnog etalona na merila. Za prenos jedinice sa kalorimetra treba da se koristi ionizaciona komora sa šupljinom dimenzionisana prema jezgru kalorimetra i etalonirana pod identičnim uslovima pod kojima se vrše merenja kalorimetrom.

Prenos jedinice sa sekundarnih etalone i merila vrši se po šemici sličnoj onoj prikazanoj na slici 1.

Predlažemo da se za šemu klasifikacije etalona za apsorbovanu dozu elektromagnetskog zračenja prihvati šema na slici 1, s tim da na mestu primarnog etalona bude kalorimetar, a na mestu sekundarnog komora za prenos.

Z A K L J U Č A K

S obzirom da je naša zemlja jedna od retkih koja nema uspostavljen program realizacije mernog jedinstva na polju dozimetrije elektromagnetskog zračenja, smatramo da se ovaj problem po hitnom postupku treba da reši kako ne bismo još više zaostali za drugim zemljama. Predložene šeme klasifikacije čine polaznu osnovu mernog jedinstva i njihova realizacija bi predstavljala uspostavljanje mernog jedinstva u dozimetriji elektromagnetskog zračenja u našoj zemlji. Kako se u SFRJ raspolaže odredjenom opremom neophodnom za realizaciju i prenos etalona, to bi usvajanjem šeme oprema dobila svoju punu metrološku primenu i odredili bi se prioriteti razvoja u ovoj oblasti.

TRACEABILITY IN ELECTROMAGNETIC RADIATION DOSIMETRY - This paper deals with problems of exposure and absorbed dose classification schemes. One of these schemes based on analyse is proposed.

REFERENCE

1. NBS Special Publ.603, march 1981
2. Guiho.J.P. Proc Symp IAEA, Atlanta 1977, p.3
3. CCEMRI 3e R, 1975, Section I
4. BDS 8.034-79 (Standard SEV)
5. Zsdansky K., Proc.Symp.IAEA, Atlanta, 1977, p.107

KARAKTERISTIKE I MOGUĆNOSTI MONITORA KONTAMINACIJE RMK-10

Koturović, A., Kosić, P.

Institut za elektroniku "EL"

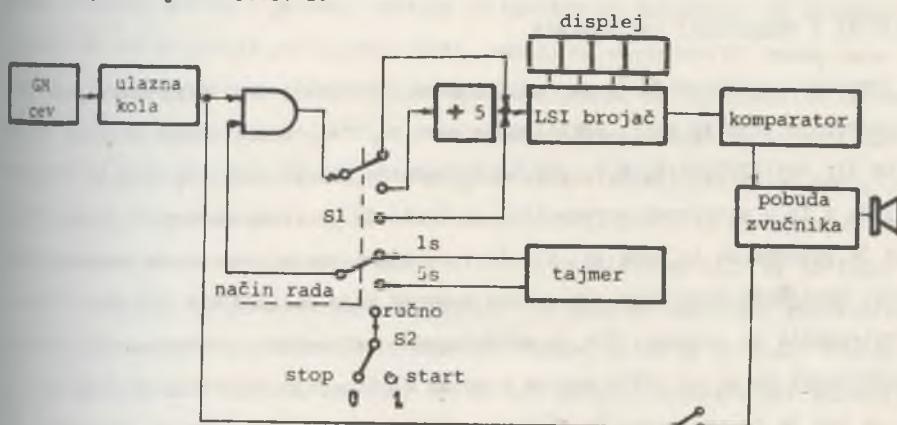
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Beograd

UVOD

Kontrola kontaminacije i merenje nivoa kontaminacije je najčešći vid operativnog rada koji se preduzima u okviru tehničkih mera za zaštitu od zračenja. Osnovne karakteristike koje instrument, koji se koristi u tu svrhu, treba da ima, definisane su standardima¹. Međutim, manipulativne mogućnosti instrumenta te vrste su takođe važne, a one predstavljaju upravo oblast koja dopušta da se traže rešenja koja će instrument učiniti šire primenljivim i višenamenskim. Predmet ovoga rada je upravo prikaz jednog instrumenta te vrste koji je razvijen i proizvodi se u Institutu za elektroniku IBK Beograd.

OPIS STRUKTURE INSTRUMENTA

Jezgro instrumenta čini GM cev, kao detektor i elektronsko brojačko kolo u vidu četvorodekadnog skalera u tehnologiji visoke integracije, a na koje se direktno nadovezuje i cifarski displej. Blok šema strukture, u veoma uprošćenom vidu, data je na slici 1.



Slika 1. Blok šema instrumenta

Instrument može da radi u dva režima: automatski repetitivan i ručni. U automatskom repetitivnom režimu instrument funkcioniše kao rejtemtar proste tačnosti a sa mernim vremenom od 1s ili 5s (preklopnik S1 u položaju "1s" ili "5s"). U oba slučaja na displeju se dobija rezultat koji prikazuje broj impulsa u sekundi. U režimu ručnog rada (preklopnik S1 u položaju "ručno") početak brojanja i njegov kraj se definiše ručno, stavljanjem preklopnika S2 u odgovarajući položaj, a na displeju se tada dobija ukupan broj registrovanih impulsa u intervalu merenja. Svaki od impulsa koje daje detektor može da se registruje i zvučno. Ta pogodnost je opcionala, pa se zvučna registracija može da isključi ukoliko bi bila nepotrebna ili nepoželjna.

U sklopu ulaznih kola predviđena su i kola potrebna za zaštitu od preopterecenja tj. zasićenja detektora. Postoje i komparatorska kola koja pomoći zvučnog alarmnog signala i vizuelnog treptanja displeja daju upozorenje o prelasku dopuštenog mernog opsega ili o premašenju kapaciteta brojačkog kola u režimu ručnog rada.

Instrument je predviđen za napajanje iz mreže 220 V/50 Hz. Međutim dati su i priključci preko kojih uredjaj može da se napaja i iz akumulatora od 12 V (na primer: rad u vozilu). Pošto je potrošnja mala: oko 100 mA, to napajanje od 12 V može da se obezbedi i iz baterija ukoliko je to korisniku zgodnije. Na primer: deset Ni-Cd baterija-akumulatora mogu da obezbede sasvim dovoljno dug rad - zavisno od korišćenog tipa - od 4 do 40 sati.

KARAKTERISTIKE I MOGUĆNOSTI INSTRUMENTA

Standard određuje da "vreme odziva mora biti takvo da, usled nagle promene kontaminacije koja se meri, pokazivanje mora doseći vrednost datu obrascem za kraće od 4s: $N_f + (63/100)(N_f - N_i)$, gde su N_i -početno pokazivanje, N_f -krajnje pokazivanje", a to u usvojenom mernom sistemu traži da je vreme merenja $T_c \leq 2,45s$. Višestruko je pogodno da to bude 1s, što je i usvojeno kao osnovno merno vreme u instrumentu. Usvajanje ovog osnovnog mernog vremena koje obezbeđuje vrlo brz odgovor instrumenta na promene, što je vrlo pogodno za kontrolu kontaminacije, ima taj nedostatak da su na nižim mernim nivoima fluktuacije rezultata na displeju veće no što je to prijatno. To je bio razlog da je uvedeno i drugo merno vreme od 5s. Ono dopušta da se merenje niskih nivoa kontaminacije obavlja tačnije i udobnije. Sa takvim rešenjem korisnik bira režim rada koji mu više odgova-

ra: ili sa većom brzinom odgovora ili sa manjim fluktacijama. Jasno je da sa vrlo niskim nivoima kontaminacije, u oba slučaja, rezultat bolje tačnosti može da se dobije samo uzimanjem srednje vrednosti odgovarajućeg broja uzastopnih rezultata.

Merenje uzorka sa niskim stepenom kontaminacije, ili kontrola dekontaminiranih posuda i/ili alata traži dovoljnu količinu informacija da bi se dobio rezultat prihvatljive pouzdanosti. Ovo znači da tada treba uzeti veliki broj pojedinačnih merenja ili, još bolje, kontinualno meriti dugo vremena. Da bi se došlo do potrebnih informacija u takvim slučajevima RMK-10 može da se postavi u režim kontinualnog brojanja impulsa iz detektoru i tada instrument u stvari radi kao skaler. Trenutak otpočinjanja brojanja određuje korisnik, a isto tako i završetak registracije impulsa. Merenje mora da se okonča pre no što se napuni kapacitet četvorodekadnog brojača. U protivnom informacija se gubi. Približavanje popunjenoštvi brojača obeležava zvučni alarmni signal koji se dogadja pri registrovanju broja od 9000 impulsa. Trajanje registracije, tj. merenje, koje određuje korisnik mora se meriti posebnim pogodnim meračem vremena. Da bi ugrađena elektronika u EMK-10 bila što jednostavnija, ovoga trenutka nije ugradjen elektronski sistem merenja vremena niti sistem postavljanja predodredjenog mer ног intervala. Ovo se može smatrati i odredjenim nedostatkom ovog instrumenta, što se može pravdati njegovom osnovnom namenom, a to je merenje kontaminacije koja je na dopuštenim granicama ili iznad njih.

Osvrnućemo se i na merne karakteristike ovoga instrumenta. Jasno je da su one direktno, ako ne i jedino, zavisne od korišćenog detektoru. Za detektor je uzeta GM cev sovjetske proizvodnje SI8B, namenjena registraciji mekog beta zračenja. Radni napon cevi je 400 V. Cev poseduje prozor velike površine ($\varnothing 65\text{mm}$) dok je debљina zida prozora $14\text{-}17\mu\text{m}$. Proizvodjac daje podatak da je efikasnost registracije beta zračenja 50-80%. Jasno je da ta efikasnost zavisi od energije beta zračenja koje se registruje. Preliminarna merenja pokazala su da sa datim detektorom mogu da se mere kontaminacije svim radionukleidima koji se javljaju u praksi nuklearne medicine, a koje su jednake ili veće od dopuštene površinske kontaminacije za radne površine ($4 \cdot 10^5\text{Bq}/\text{m}^2$)². Razume se da se za svaki izotop mora izvršiti posebna kalibracija i koristiti pri merenju odgovarajući konverzionali faktor koji će dati vezu izmedju rezultata merenja očitanog, ili izračunatog, u imp/s i odgovarajuće vrednosti kontaminacije u Bq/cm^2 . Pri tome se mora

obezbediti i reproduktivna geometrija merenja, što osigurava odgovarajuća konstrukcija sonde, ili se to može postići pomoćnom opremom uz sondu. Sopstveni foton GM cevi je manji od 2 imp/s. Za ilustraciju osetljivosti mogu se dati neki od preliminarnih, i ovde samo orientacionih, rezultata.

<u>Površinska kontaminacija</u>			<u>Kapljična kontaminacija</u>		
Izotop	Osetljivost imp/s/Bq/cm ²	imp/s za kontaminaciju sa 40 Bq/cm ²	Izotop	Osetljivost imp/s/Bq/cm ²	imp/s za kapljicu sa 4000 Bq
Cs-137	2.39	96	C-14	0.04	160
Co-60	0.98	39	Tl-204	0.2	800
			Sr-90	0.2	800
			I-131	0.05	200
			S-35	0.018	72

ZAKLJUČAK

Prikazani instrument svojim karakteristikama predstavlja monitor kontaminacije opšte namene. Pored toga što se može meriti i kontrolisati kontaminacija radnih površina, odeće i sl., može se sprovoditi i merenje niskoaktivnih uzoraka - bilo briseva bilo uzorka materijala. Te mogućnosti, i njegova osetljivost, čine ga pogodnim za upotrebu u rutinskoj kontroli u zaštiti na radu sa radioaktivnim izotopima, i za raznovrsnu kontrolu i merenja u široj primeni, za potrebe civilne zaštite, i to kako pri normalnim tako i u akcidentalnim situacijama.

REFERENCE

1. Merači i monitori kontaminacije alfa, beta i alfa i beta izvorima zračenja; JUS L.G7.503, 1987.god.
2. Pravilnik o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija ... , Sl.list SFRJ., br.40, 1986.

ABSTRACT

The contamination monitor RMK-10 is presented by its characteristics. Two operating modes are discussed: repetitive automatic and manual. Characteristics related to the measuring times of 1s and 5s are analysed, and conveniences of continuous pulse recording are underlined. Informative data on sensitivity are given for some isotopes.

ABSTRAKT

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITA OD ZRAČENJA, Novi Sad, 08.-11. juli 1987.

Koturović A., Kosić P.

KARAKTERISTIKE I MOGUĆNOSTI MONITORA KONTAMINACIJE RMK-10

Monitor kontaminacije RMK-10 prikazan je preko svojih karakteristika. Analizirana su dva načina rada: repetativni automatski i ručni. Karakteristike koje su vezane za merna vremena od 1 sec i 5 sec su diskutovane, i pogodnosti kontinualne registracije impulsa posebno su naglašene. Informativni podaci o osetljivosti dati su za neke izotope.

Monitor kontaminacije, cifarska prezentacija rezultata,
automatski i ručni način rada

Summary:

The contamination monitor RMK-10 is presented by its characteristics. Two operating modes are discussed: repetitive automatic and manual. Characteristics related to the measuring times of 1s and 5s are analysed, and conveniences of continuous pulse recording are underlined. Informative data on sensitivity are given for some isotopes. .

Razvoj domačega veččičnega detektorja radioaktivne onesnaženosti

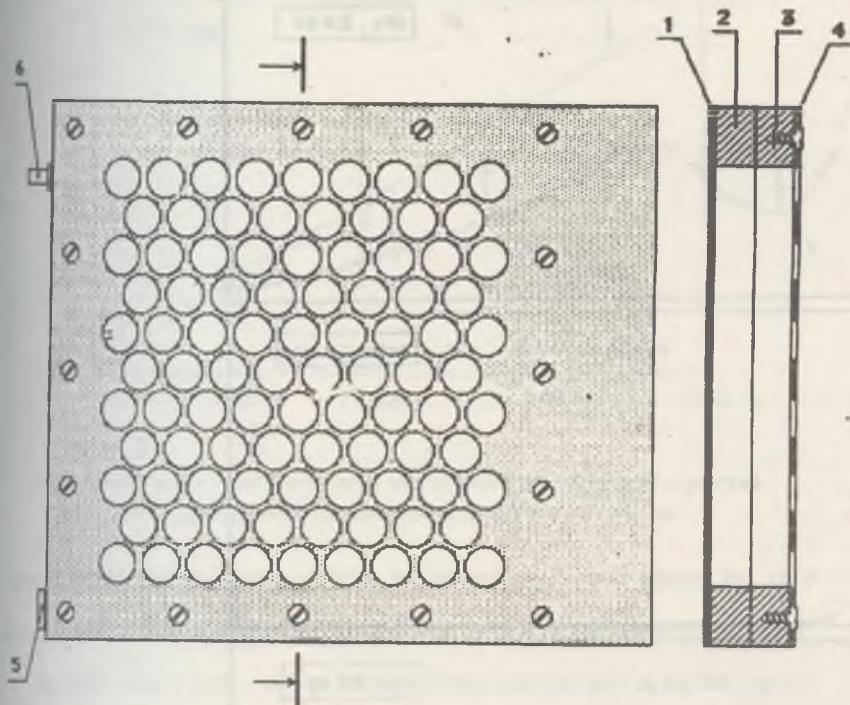
M. Starič, A. Stanovnik, U. Miklavžič

Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja, Ljubljana

Kvalitativne in kvantitativne meritve radioaktivne onesnaženosti, kakršni smo bili priča po Černobilski nesreči, zahtevajo ne samo vrhunsko in zato zelo dragu opremo, ampak tudi usposobljene kadre. Ni realno pričakovati, da bi lokalni štabi za civilno zaščito lahko nabavili in vzdrževali takšno opremo. Manjši detektor površinske radioaktivne onesnaženosti pa je dosegljiv širokemu krogu uporabnikov, je dovolj poučni in enostaven za uporabo. S takšnim detektorjem vzorcem seveda ni mogoče natančno izmeriti specifično aktivnost, je pa možno dobiti približne ocene. Umerjen s pomočjo visokoločljivostne spektrometrije gama lahko detektor zazna nivoje tudi pod sedanjem dovoljeno mejo za večino živil (600 Bq/kg).

Detektor je v bistvu veččična proporcionalna komora, polnjena s plinom za vžigalnike, katerega je mogoče kupiti v vsaki trafiki. Izdelan je iz skoraj povsem domačih materialov. Detektor je dimenziij $140 \times 160 \times 23 \text{ mm}^3$. Sestavljen je iz dveh nosilnih okvirjev iz 10 mm debrega pleksi stekla in dveh dvostransko pobakrenih vitroplastnih plošč debeline 1.6 mm (slika 1). Po sredini poteka 11 anodnih žic iz volframa debeline 20 μm . Zadnja plošča je hkrati tudi katoda. Sprednja je perforirana, ima 94 lukanj premera 10 mm razporejenih v heksagonalni mreži, s čemer je omogočeno delcem alfa in nizkoenergijskim delcem beta, da letijo v detektor. Pod to ploščo je položena aluminizirana mylar folija debeline 6 μm , ki je druga katoda, hkrati pa folija zapira detektor. Vstopni ventil za plin je standarden za vžigalnike. Detektor ima aktivno površino $110 \times 110 \text{ mm}^2$. Žice so v razmiku 10 mm. Delovna napetost za detekcijo beta delcev je pri 3.5 kV, za detekcijo alfa delcev pa pri 2.5 kV.

Detektor smo testirali z izvorji alfa, beta in X, ter z nekaj vzorci zelišč, ki so bila

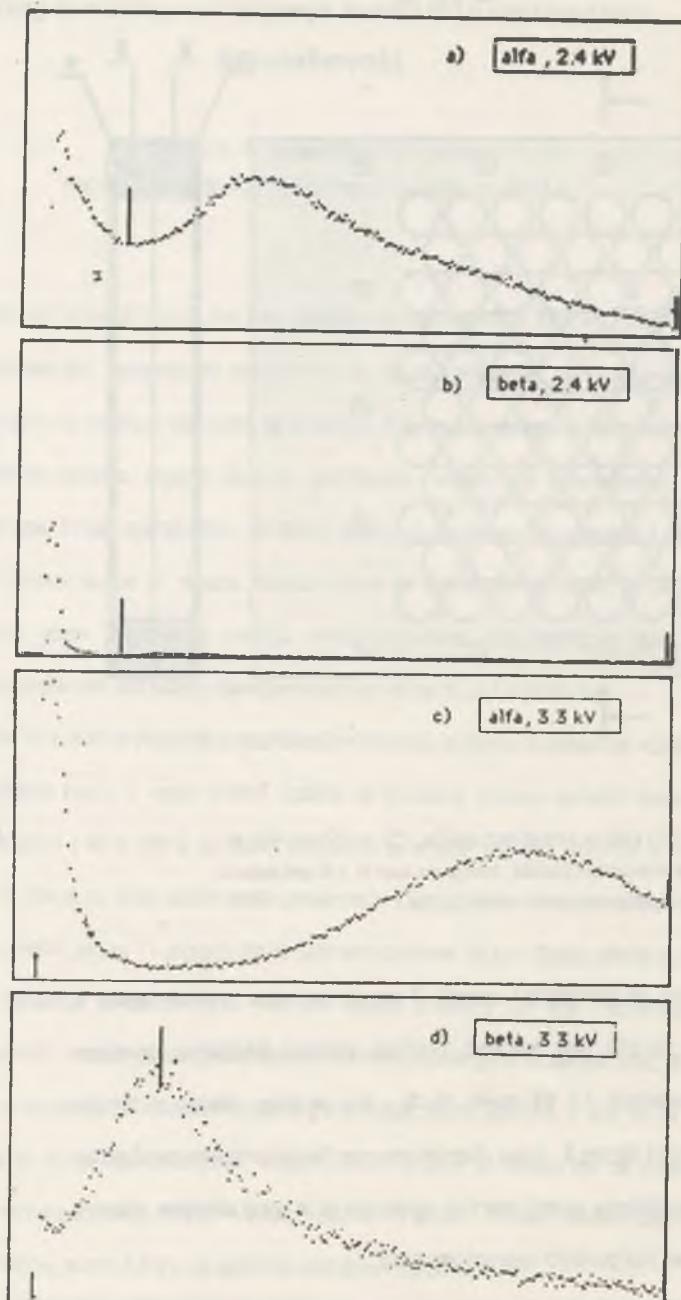


Slika 1.

Sestavni deli detektorja : (1) zadnja vitroplast plošča, (2) in (3) okvirja iz pleksi stekla, (4) sprednja vitroplast plošča, luknje so zaprte s $6 \mu\text{m}$ debelo mylar folijo, (5) in (6) vstopni in izstopni ventil za plin

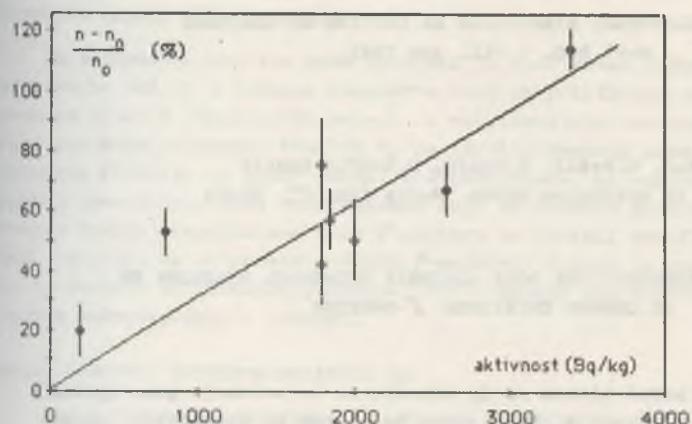
nabранa v maju 1986, kmalu po Černobilski nesreči. Z monokromatskim izvorom žarkov X energije 5.9 keV (izotop Fe-55) smo testirali kvaliteto izdelave detektorja. Izmerjena energijska ločljivost pri napetosti 3.5 kV znasa 18 %, kar je blizu idealne za plinske detektorje pri navedeni energiji žarkov X. S tem izvorom smo merili tudi krajevno porazdelitev ojačanja. Ugotovljeno je, da se ojačanje po celi površini spreminja le za nekaj odstotkov, razen v kotu, kjer vstopa plin in so se žice po daljši uporabi zamazale.

Z izvoroma delcev alfa (Am-241) in beta (Sr-90) smo ugotavljali zmožnost ločitve med obema vrstama ionizirajočega sevanja. Spekrți sunkov za obe vrsti sevanja in pri dveh različnih napetostih so prikazani na slikah 2 a, b, c in d. Ugotavljamo, da je pri napetosti 2.4 kV s



Slika 2.

Spektri sunkov pri dveh napetostih za izvora alfa in beta. 256 kanalom na zgornjih dveh slikah ustreza prvih 32 kanalov na spodnjih dveh slikah.



Slika 3.

Relativna razlika v pogostosti štetja med vzorcem in ozadjem v odvisnosti od aktivnosti, ki jo izmerimo z visokoločljivostno spektrometrijo gama

primerno nastavljivo nivoja diskriminacije ločitev med alfa in beta mogoča. Pri višjih napetостih detektor ne deluje več v proporcionalnem načinu in izgubljamo na zmožnosti ločitve.

Detektor, obdan z zaščito iz 5 cm debelega svinca, smo uporabili za meritev vzorcev, katerih aktivnost je zaradi Černobilске nesreče povečana. Relativna pogostost štetja vzorca glede na pogostost štetja ozadja je na sliki 3 prikazana v odvisnosti od aktivnosti, ki jo za vsoto Cs-134, Cs-137, Ru-103 in Ru-106 dobimo z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorci so bili natlačeni v plastične posodice premera 90 mm in globine 51 mm, ter prekriti z najlonskimi vrečkami in prislonjeni na okno detektorja. Teže vzorcev so se gibale med 25 g in 50 g. Ozadje je znašalo okrog 3.5 sunka na sekundo. Razvidno je, da je z našim detektorjem ob primeri zaščiti, dovolj dolgim časom štetja in zadostni količini vzorca možno zaznati specifične aktivnosti pod 600 Bq/kg .

Abstract

Construction and tests of a multiwire detector of radioactive surface contamination is described. It is shown that alpha and beta particles can be separated by pulse height and that radioactive contamination at the level of a few hundred Bq/kg can be easily detected.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 8.-11. jun 1987.

S.Avdić, M.Pešić, D.Antić, M.Šokčić-Kostić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

ZODREDJIVANJE EKSPOZICIONE DOZE GORIVNIH SEGMENTA REAKTORA RB
NA OSNOVU EMISIONOG γ -SPEKTRA

SADRŽAJ: Realizovan je merni sistem sa Ge detektorom za snimanje gama spektara i izvršena je njegova kalibracija. Realizovan je sistem za automatsku obradu gama spektara i numerički programi za izračunavanje ekspozicione doze gama emitera. Za gorivni segment reaktora RB od 80% obogaćenog uranijuma je odredjena ekspoziciona doza.

KLJUČNE REČI: Ekspozicionala doza, gama spektar, reaktor RB, gorivni segment.

1. UVOD

U okviru eksperimentalnog opremanja reaktora RB je realizovan merni sistem sa poluprovodničkim germanijumskim detektorom za snimanje γ -spektara, čija je blok šema prikazana na slici 1. Sistem je kalibriran korišćenjem seta kalibracionih izvora 7450, Isotope Product Laboratories, USA, koja sadrži 7 radio-nuklida koji svojim γ -linijama prekrivaju energetski interval od 122 eV do 1836 keV. Energetska kalibracija mernog sistema je izvršena pomoću izvora ^{22}Na na rastojanju od 25 cm od detektora. Snimljeni su spektri svih kalibracionih izvora u identičnim geometrijskim uslovima. Apsolutna energetska efikasnost detekcije date linije je odredjena prema relaciji, /1/.

$$\eta_{ij} = \frac{N_{ij}}{P_{ij} A_{oi} t_i} \exp\left(\frac{0,693}{T_1} \Delta T_i\right) \quad (1)$$

gde je N_{ij} deo od ukupno emitovanih γ -kvantata koji je registrovan u detektoru, P_{ij} prinos po raspodu j-te energije u spektru i-toog nuklida, A_{oi} početna aktivnost i-toog izvora, t_i vreme snimanja spektra, T_1 vreme poluraspađa i-toog nuklida, ΔT_i starost izvora.

Eksperimentalni podaci za η_{ij} su fitovani na polinomijalnu zavisnost. Brzina ekspozicione doze γ -izvora je odredjivana na osnovu relacije, /1/.

$$\dot{x} = \Gamma \cdot A / \ell^2 \quad (2)$$

gde je Γ specifična gama konstanta, A aktivnost izvora, a ℓ rastojanje izvora od detektora.

2. AUTOMATSKA OBRADA GAMA SPEKTARA

Za automatsku analizu gama spektara je realizovan sistem koji čine γ -spektrometar (sl.1) i računar Commodore C-64 sa perifernim jedinicama, što je prikazano na slici 2. Spektralni podaci iz multikanalnog analizatora se prenose u računar posebnim programom SPECTRA.M. Za identifikovanje gama pikova se koristi biblioteka γ -linija sa dobro poznatim γ -energijama, prinosima, vremenima poluraspada i specifičnim gama konstantama, koja se formira programom GALA. Za izračunavanje brzine ekspozicione doze γ -emitera se koristi modifikovani program ANA.GAMA, /2/, /3/, za automatsku obradu γ -spektra. Sistem je proveren na primeru analize spektra kalibracionog izvora ^{60}Co u opsegu oko $E=1332$ keV, pri čemu je dobijena zadovoljavajuća tačnost.

3. ANALIZA GORIVNOG SEGMENTA REAKTORA RB

Merni sistem za snimanje γ -spektara i numerički programi su upotrebљeni za analizu svežeg gorivnog segmenta reaktora RB sa 80% obogaćenim uranijumom. Merenje je vršeno pri rastojanju gorivnog segmenta od detektoru od 25 cm. U tabeli 1 su dati izlazni podaci programa ANA-GAMA kojim je izvršena automatska analiza dela snimljenog γ -spektra 80% obogaćenog UO_2 goriva u energetskom opsegu od 75 keV do 870 keV. Identifikacija lociranih pikova je izvršena poredjenjem numeričkih vrednosti energija gama pikova sa energijama bibliotskih radionuklida. S obzirom da se može odredjenim energijama gama linija pridružiti više radionuklida unutar odredjenog energetskog intervala, predviđena je automatska selekcija radionuklida po prinosima i vremenima poluraspada. Da bi analiza snimljenog gama spektra bila potpuna, predviđeno je da se biblioteka dopuni određenim brojem radionuklida i podacima o prirodi njihovog nastanka. Na taj način moguće je za snimljeni spektar 80% obogaćenog UO_2 dobiti podatke o radionuklidima koji potiču usled prirodnog radioaktivnog raspada ^{238}U i drugih izotopa; podatke o nečistoćama koje postoje u gorivnom segmentu od 80% obogaćenog uranijuma, fizičkim fragmentima itd. i na osnovu periode njihovog nastanka moguće je izvršiti eliminisanje radionuklida koji ne pripadaju datom γ -spektru.

4. ZAKLJUČAK

Merni sistem za snimanje γ -spektara na reaktoru RB omogućava snimanje spektara γ -emitera sa zadovoljavajućom tačnošću. Osim ručne obrade, postoji mogućnost za automatsku obradu gama spektara, što je i uradjeno prilikom snimanja γ -spektra gorivnog segmenta reaktora RB sa 80% obogaćenim uranijumom. Snimanje i analiza spektra kalibracionog izvora ^{60}Co u oblasti energije od oko 1332 keV su pokazali da se psotiže zadovoljavajuća tačnost.

DETERMINING OF THE EXPOSITIONAL DOSES OF THE FUEL SEGMENTS AT THE RB REACTOR ON THE BASIS OF γ -SPECTRUM

SUMMARY: The system for γ -spectrum measurements with Ge detector is developed and calibrated. The system automatic elaboration of γ -spectrum and codes that give expositional doses are described. The expositional dose for 80% enriched fuel segment of the RB reactor is determined.

KEY WORDS: expositional doses, γ -spectrum, RB reactor, fuel segment.

GAMMA SPECTRUM ANALYSIS REPORT

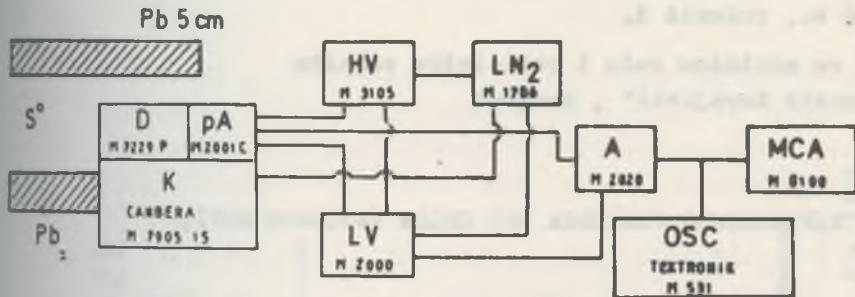
E(KEV)-MIN : 75.1248432 METHOD : ANA-NUM LIBRARY FILE : GBU80.1
 E(KEV)-MAX : 870.237767 SPECTRUM FILE : U80.1

PN	PT	CH	ENERGY	FWHM	AREA-NET	ACTIVITY	E-TABLE	YIELD	NUCLIDE	HALF-LIFE	GAMMA CO.	EXP.RATE
			KEV	KEV	IMP	milli Ci	KEV	%		(R/H) * (CM**2 mCi)	(R/H)	
1	1	103	121.130024	1.38226298	7903.5		121.115	16.60	75-SE	118.45	D	9.16E-2
2	0	108	126.167211	3.2354683	246.5	7.81215936E-06	123.73	32.1	131-BA	11.8	D	0.183
3	1	118	135.527075	2.11228433	1143	1.81018795E-04	134.2	6.53	187-W	23.9	H	4.08E-02
						2.09212873E-05	136.600	56.5	75-SE	118.45	D	0.363
						1.06491237E-04	136.471	11.1	57-CU	271.4	D	7.06E-02
4	1	127	143.954088	1.75242072	98889	.0102412204	143.77	10.5	235-U	68.5E7	Y	7.16E-2
						.0252424447	145.22	4.26	127-XE	36.41	D	2.93E-2
						2.19454723E-03	145.45	49.0	141-CE	32.5	D	0.337
5	1	147	163.548615	1.54896057	46395	9.74655562E-03	162.656	5.95	140-BA	12.789	D	4.74E-2
						.0341129446	163.97	1.70	131-XE	11.9	D	1.36E-2
6	1	171	185.887041	1.94447741	549788	.0144826664	185.72	54.0	235-U	68.5E7	Y	0.506
7	1	180	195.144267	1.53236278	5603	2.19848658E-04	196.1	37.8	88-KR	2.84	H	0.378
8	0	227	239.624191	2.8657542	4148.5	1.58149616E-04	238.62	44.8	228-TH	1.913	Y	0.571
9	0	495	496.439175	3.69377501	98	5.97485558E-06	496.23	48.4	131-BA	11.8	D	1.385
						3.21314456E-06	497.080	90.0	103-RU	39.35	D	2.580
10	1	510	511.009932	2.19404606	747.5	4.73133853E-05	511.0	48.0	56-CO	78.50	D	1.414
						1.25402678E-05	511.0	181.1	22-NA	2.602	Y	5.333
						7.57014165E-05	511.0	30.0	58-CO	70.78	D	0.884
11	1	586	583.370835	2.00869408	1469	1.78576821E-04	583.17	28.70	228-TH	1.913	Y	0.957
12	1	607	603.608582	2.38370198	94.5	3.47902748E-06	602.72	98.3	124-SB	60.2	D	3.384
						4.27485501E-05	604.403	8.0	192-IR	74.02	D	0.276

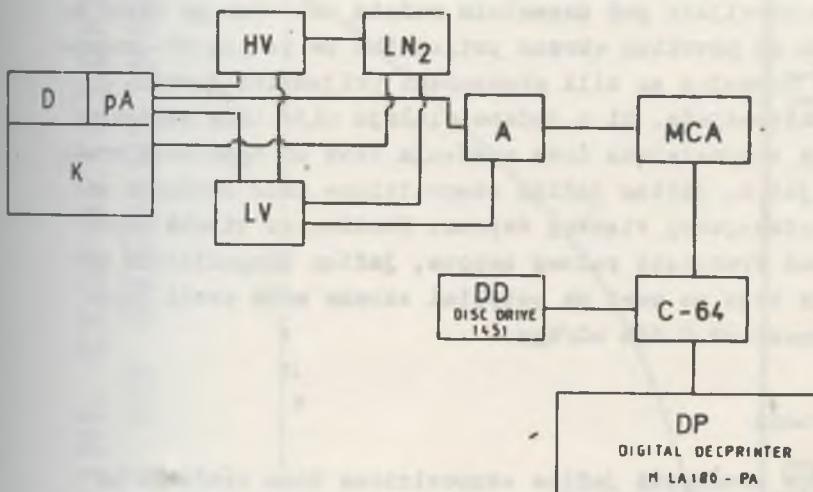
PT=1 - FULL ENERGY PEAK

PT=0 - PSEUDO ENERGY PEAK

Tabela 1. Rezultati analize gorivnog segmenta reaktora RB (izlazna lista programa ANA.GAMA)



Slika 1. Blok šema mernog sistema



Slika 2. Blok šema gama spektrometra sa personalnim računarnom COMMODORE C-64

REFERENCE

- /1/ M.M.Ninković: "Spektroskopija nekih gama izvora i njena primena u izračunavanju gama konstante", doktorska disertacija, PMF, Beograd, 1971.
- /2/ S.Avdić, M.Pešić, S.Cupać: "Automatska obrada gama spektara pomoću personalnog računara", Zbornik sa XXX jugoslovenske konferencije ETAN-a, Herceg-Novi, 1986, s.19-26.
- /3/ W.L.Zijp: "Lecture Notes on Computerized Gamma-Ray Spectrometry", Netherlands Energy Research Foundation ECN Bi.150, 1984.

Tomašević M., Košutić D.

Institut sa medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr. Dragomir Karajović", Beograd

KONTROLA RENDGENSKOG ZRAČENJA KOD COLOR KATODNIH CEVI

Uvod

Odredjivanje jačine ekspozicione doze zračenja na površini color katodnih cevi do sada je u nas vršeno u nekoliko navrata. Merenja su obavljana pod normalnim radnim uslovima na rastojanju od 5 cm od površine ekrana prijemnika za prijem TV-programa u boji. Merenjem su bili obuhvaćeni prijemnici domaćih i stranih proizvodjača. Ni u jednom slučaju nije bila registrovana jačina ekspozicione doze zračenja većm od dopuštene vrednosti. Međutim, jačina jačina ekspozicione doze zračenja zavisi od primjenjenog visokog napona. Ukoliko se visok napon poveća iznad vrednosti radnog napona, jačine ekspozicione doze zračenja koja se meri na površini ekrana može preći dopuštenu vrednost od 0.036 nC/kg s.

Rezultati rada

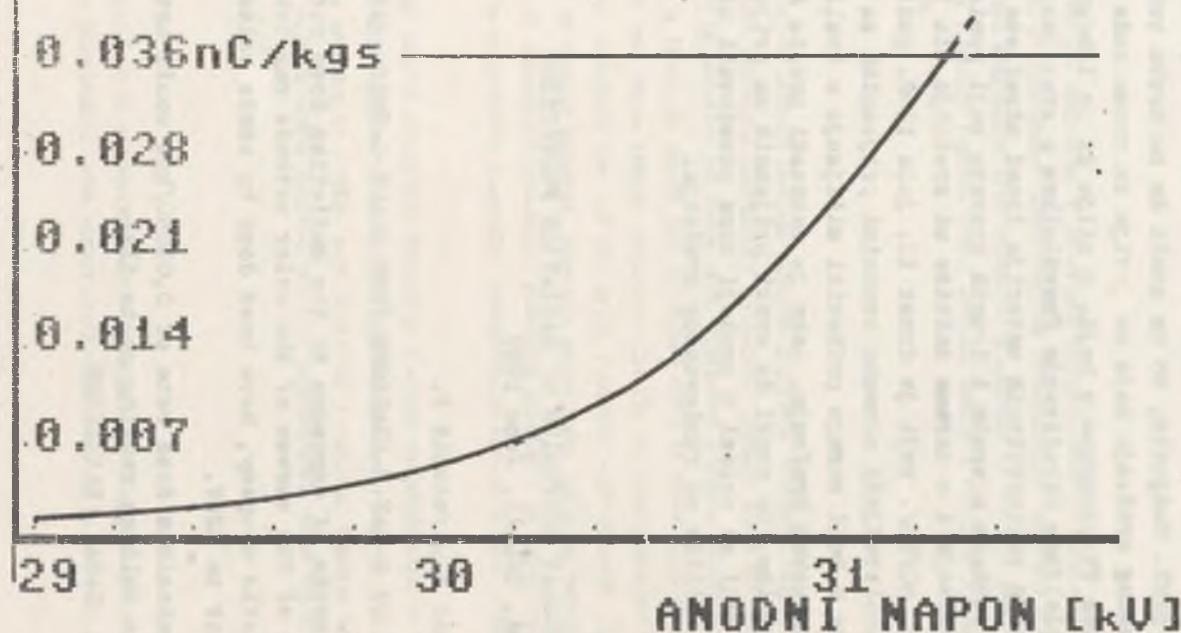
Odredjivanje vrednosti jačine ekspozicione doze zračenja na površini color katodnih cevi domaće proizvodnje vršeno je instrumentom Victoreen RF 440. U toku merenja visoki napon je povećavan od 25kV do 32kV.

Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli br. 1.

Iz rezultata prikazanih u Tabeli 1. može se zaključiti da je zaštita od rendgenskog zračenja kod color katodnih cevi domaće proizvodnje koje se ugradjuju u TV-prijemnike sa prijem programu u boji zadovoljavajuća.

JACIMA EKSPONCIJONE
DOZE ZRACENJA

TABELA BR.1
PROMENA JACIME EKSPONCIJONE DOZE
U ZAVISNOSTI OD VISOKOG NAPONA



Zaključak

Na radnom naponu jačina ekspozicione doze zračenja izmerena na površini ekrana ne prelazi dopuštenu vrednost od $0,036\text{nC}/\text{kgs}$. Maksimalna dopuštena vrednost se dostiže tek pri naponima višim od 31kV . Međutim, to ne znači da ne treba vratiću kontrolu rendgenskog zračenja koje se življa za vreme rada prijemnika za prijem TV-programa u boji. U cilju da se izbegne svaki rizik od nepoželjnog ozračivanja Pravilnikom o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad određene granice aktivnosti, rendgen aparata i drugih aparata koji proizvode ionizujuće zračenja i o mernama zaštite od zračenja tih izvora /Sl.list SFRJ br. 40/86/, koji je donet 18. jula 1986. godine, određeno je da proizvodnja odnosno uvoznici prijemnika za prijem TV-programa u boji moraju pribaviti mišljenje o kvalitetu zaštite od rendgenskog zračenja. Zato je zakonski propis donet jula 1986. godine, to znači da svaki prijemnik za prijem TV-programa u boji koji se nalazi u prodaji mora posedovati mišljenje o kvalitetu zaštite od rendgenskog zračenja.

Summary

XIV YUGOSLAV SYMPOSIUM OF RADIATION PROTECTION
Novi Sad, 08.-11. June 1987

Tomašević M., Košutić D.

CONTROL OF X-RAY RADIATIONS FROM COLOR CATHODE RAY TUBES

Measurements of exposure to the radiation dose rate on the surface of the screen of the color cathode ray tube produced by domestic company, have been done by anode voltage ranging from 25kV to 32kV .

The permissible dose rate of $0,036\text{nC}/\text{kgs}$ would not be exceeded by anode voltage ranging up to 31kV .

CONTROL X-RAY RADIATION

DOLOČANJE RADONA V ZRAKU Z DETEKTORJI JEDRSKIH SLEDI

T. Šutej, R. Ilić

Institut "Jožef Stefan", Univerza E. Kardelja
P.O.Box 100, 61111 Ljubljana

POVZETEK

Razvili smo pasivni integralni dozimeter z detektorji jedrskeih sledi za določanje koncentracije radona v zraku. Z dozimetrom lahko merimo koncentracijo radona v zraku do najmanj 1 Bq/m³ v času ekspozicije treh mesecov. Z uporabo te metode smo določili koncentracijo radona v okolici rudnika urana Žirovski vrh in v različnih zgradbah na področju SR Slovenije.

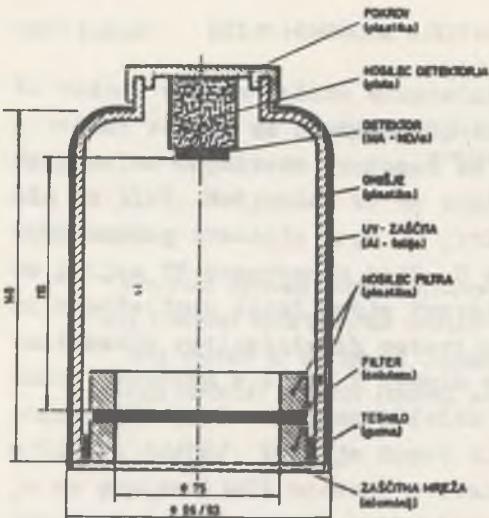
I. UVOD

V zadnjem času v številnih državah izvajajo obsežne programe merjenja radona ($^{222}\text{-Rn}$) v okolju /1/. Pri tem večinoma uporabljajo detektorje jedrskeih sledi /2/. Pri teh metodah detektor sledi, ki je občutljiv na delce alfa, postavimo v odprto plastično posodo. Na odprtini posode je filter, ki deluje kot difuzijska ovira za toron ($^{220}\text{-Rn}$) in zaščita pred aerosoli. Ker ima toron kratek razpolovni čas (54 s), med prehodom ovire razpade. Radon, ki ima razpolovni čas 3,8 dni, pride v posodo, kjer razpada. Delci alfa, ki jih sevajo radon in njegovi potomci, zadenejo detektorsko folijo in narečijo v njej radiacijske poškodbe. Z naknadnim jedkanjem poškodbe povečamo in izmerimo. Ploskovno gostoto sledi, ki je sorazmerna povprečni koncentraciji radona v času ekspozicije.

V tem delu smo opisali pasivni integralni dozimeter z visoko občutljivostjo, ki smo ga razvili na Institutu "Jožef Stefan" v Ljubljani. Uporabnost dozimeta za meritve koncentracije radona na prostem in v hišah smo ilustrirali z rezultati meritev koncentracije radona v okolici rudnika urana Žirovski vrh in v stanovanjskih hišah na področju SR Slovenije.

2. OPIS DOZIMETRA

Na osnovi analize teoretičnih in eksperimentalnih rezultatov /3/, ki smo jih v zadnjem času naredili v našem laboratoriju, smo konstruirali dozimeter, ki je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Pasivni dozimeter IJS za določanje radona v zraku

Omenili smo, da s štetjem sledi določimo povprečno koncentracijo radona v času ekspozicije. Celotna gostota sledi, ϱ , je sestavljena iz gostote sledi ozadja ϱ_0 in gostote sledi, ki jo inducirajo toron, radon ter njuni potomci.

$$\varrho = \varrho_0 + \eta_t S_t C_t t + \eta_r S_r C_r t$$

kjer je

η_t in η_r – prepustnost filtra za toron in radon

S_t in S_r – odziv dozimetra na toron in radon

C_t in C_r – povprečna koncentracija torona in radona v zraku

t – čas obsevanja

Za detektor sledi MA-ND/ α (CR-39) ter tehniko predjedkanja in jedkanja sledi, ki je opisana v ref. (4) znaša ϱ_0 okoli 20 sledi/cm². Na osnovi eksperimentov, ki so opisani v (4) smo ugotovili, da je za filter iz celuloze $\eta_t \sim 0$ in $\eta_r = 1$. V tabeli I je prikazan odziv dozimetra na delce alfa, ki jih seva radon in njegovi potomci za detektor MA-ND/ α . Računi so narejeni po enačbah, ki so podane v našem prejšnjem delu (3), eksperimenti pa so opisani v (4).

Vrednost $S = 2.6$ cm odgovarja gostoti sledi $\varrho = 20$ sledi/cm² v času ekspozici-

Tabela I: Odziv, S , dozimetra IJS na 222-Rn

	S (cm)
Teorija	2.60
Eksperiment	2.6 \pm 0.15

Tabela 2: Koncentracija radona, Cr, izmerjena v zraku z detektorji jedrskih sledi v letu 1986

	Cr [Bq m ⁻³]			
	I. četrtletje	II. četrtletje	III. četrtletje	IV. četrtletje
<u>Na prostem</u>				
Okolica rudnika urana				
Zirovski vrh				
kmetija Bogataj	30 ± 12	11 ± 3	14 ± 2	25 ± 3
Todraž	41 ± 15	15 ± 4	12 ± 2	30 ± 3
Bačne	41 ± 15	3 ± 2	9 ± 5	13 ± 2
Gorenja Dobrava	27 ± 12	16 ± 4	16 ± 2	28 ± 3
Dolenja Dobrava	-	-	-	15 ± 2
Gorenja vas	-	-	-	28 ± 3
Lučine	-	-	9 ± 2	17 ± 2
Zala	-	-	10 ± 2	19 ± 2
Hidrometalurško įalovišče	156 ± 49	20 ± 5	28 ± 3	45 ± 5
Okolica Ljubljane				
Dobrova	-	-	-	15 ± 2
Podgorica	-	20 ± 7	-	-
<u>V zgradbah</u>				
Okolica rudnika urana				
Zirovski vrh				
Lučine	-	-	203 ± 20	532 ± 50
Zala	-	-	135 ± 13	349 ± 33
Bačne	-	-	46 ± 5	43 ± 5
Dobrava	-	-	45 ± 5	221 ± 20
Poljane	-	-	11 ± 2	32 ± 4
Poljane (nova hiša)	-	-	20 ± 3	23 ± 3
Vinharje	-	-	12 ± 2	112 ± 11
Vinharje (nova hiša)	-	-	5 ± 2	27 ± 3
Okolica Krškega				
Drnovce	-	-	70 ± 7	63 ± 6
Brege	-	-	59 ± 6	104 ± 10
Mrvitice	-	-	39 ± 4	68 ± 7
Vlhre	-	-	41 ± 4	69 ± 7
Žadovlnek (kvadri)	-	-	16 ± 2	34 ± 2
Žadovlnek (opeka)	-	-	20 ± 2	41 ± 2
Sp. St. Grad	-	-	24 ± 3	21 ± 3
Vrbilna	-	-	-	28 ± 4
Sremič	-	-	20 ± 3	30 ± 3
Kalce	-	-	23 ± 2	-
Okolica Ljubljane				
Ig	60 ± 11	-	-	-
Komenda	-	50 ± 4	-	-
Reaktor Podgorica (pisarna)	-	30 ± 3	-	-
Prule	-	-	174 ± 17	-

Je 3 mesece pri koncentraciji radona 1 Bq/m³. Iz teh rezultatov vidimo, da občutljivost metode, definirana kot minimalna določljiva koncentracija radona v času ekspozicije 3 mesecev, znaša 1 Bq/m³.

3. MERITVE RADONA V OKOLJU

V okviru programa nadzora okolja Žirovskega vrha zaradi obratovanja rudnika urana (5) smo izvajali redne meritve koncentracije radona od leta 1985. Čas ekspozicije pri teh meritvah je znašal tri mesece. Rezultati meritve, ki so dobljeni v letu 1986, so prikazani v tabeli 2. V tem letu smo začeli tudi z meritvami radona v zgradbah v okviru programa radiološke obremenitve prebivalcev v SR Sloveniji. Nekateri rezultati so zbrani v tabeli 2. Rezultati, tabela 2, kažejo naslednje:

1. V odvisnosti od vrste zgradbe, prezračevanja, mikroklimatskih pogojev, itd. je koncentracija radona v hišah od 2 do 20-krat večja od koncentracije radona v odprtem prostoru.
2. V okolici rudnika urana Žirovski vrh je koncentracija radona nekoliko večja (Todraž, Bogataj, G. Dobrava, G. Vas), glede na referenčno lokacijo (vas Dobrova). Potrebne so dodatne raziskave, kjer bi ocenili povečanje radona zaradi emanacije le-tega iz površinske plasti zemlje.
3. Stare hiše (Lučine, Zala, Dobrava, Prule) imajo za red velikosti večjo koncentracijo radona kot ostale hiše.

4. LITERATURA

- /1/ Metrology and Monitoring of Radon, Thoron and their Daughters, OECD Report, 1984
- /2/ Nucl. Tracks and Rad.Meas., Vol. 8, Nos. 1-4, 1984, 395 – 433
- /3/ T. Šutej, R. Ilić, Pasivni dozimeter za določanje radona v zraku, IJS-DP-4576, 1986
- /4/ T. Šutej, Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, 1987, v tisku
- /5/ T. Šutej, R. Ilić, Meritve radona in njegovih potomcev z detektorji jedrskih sledi v okolici RUŽV, IJS-DP-4317, 1986

ABSTRACT

A passive integrating radon gas dosimeter has been developed using chemically and electrochemically etched tracks in (Cr-39) solid state nuclear track detector. The sensitivity of the dosimeter at the exposure time of 3 months was found to be as small as 1 Bq/m³. The dosimeters were applied for the radon monitoring around uranium mine Žirovski vrh and for the measurement of radon in houses in different areas of Slovenia.

UČEŠĆE NEUTRONSKIE DOZE U UKUPNOJ DOZI PINE PRI EKSPLOZIJAMA
NEUTRONSKOG ORUŽJA

Vojvodić I. Vlaho, VTI, Beograd

Uvod

Osnovni poražavajući faktor ljudskih bića pri eksplozijama neutronskog oružja je početni impuls nuklearnog zračenja (PINE)¹. Obično se misli da je osnovni nosioc doze PINE pri eksplozijama neutronskog oružja samo neutronsko zračenje. Međutim, u ukupnoj dozi PINE, značajnu ulogu igra doza gama zračenja produkata fizijske i indukovane aktivnosti od atoma azota u vazduhu iz reakcije $^{14}\text{N}(n,\gamma)^{15}\text{N}$. Da bi to dokazali odredilićemo učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PINE u zavisnosti od rastojanja, gustine vazduha i ukupno oslobođene energije pri eksplozijama neutronskog oružja.

Neutronska doza u ukupnoj dozi PINE

Učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PINE definisano je izrazom

$$\beta = \frac{D_n}{D_n + D_\gamma} = \frac{D_n}{D_0} \quad (1)$$

gde su: D_n - neutronska doza, D_γ - gama doza i $D_0 = D_n + D_\gamma$ - ukupna doza PINE.

Odnos β može se odrediti pomoću formula koje su date u našem radu //, i to:

$$\beta = \frac{\alpha \cdot Y_1 + 1,2 \cdot (1-\alpha) \cdot Y_3}{(Y_1 + Y_2) + (1-\alpha)[1,2(Y_3 + Y_4) + 0,75 \cdot W^{1,23} \cdot Y_5]} \quad (2)$$

gde su:

$$Y_1 = 3,22 \cdot e^{-\frac{x}{285}} = 2,62 \cdot e^{-\frac{x}{191}}$$

¹Pod PINE se podrazumeva početni impuls nuklearnog zračenja (uglavnom neutroni i gama zraci) koji se emituju od vatrenе lopte i radioaktivnog oblaka u toku prve minute od početka nuklearne eksplozije //.

$$Y_2 = \frac{1}{10} (2,4 \cdot e^{-\frac{x}{452}} - 2,1 \cdot e^{-\frac{x}{240}})$$

$$Y_3 = 4,05 \cdot e^{-\frac{x}{240}} - 3,73 \cdot e^{-\frac{x}{193}}$$

$$Y_4 = \frac{1}{10} (3,75 \cdot e^{-\frac{x}{452}} - 3,77 \cdot e^{-\frac{x}{350}})$$

$$Y_5 = \frac{1}{100} (5,82 \cdot e^{-\frac{x}{327}} - 1,72 \cdot e^{-\frac{x}{264}})$$

nadalje su: $x = \rho \cdot R$, $\alpha = W_T/W$, ρ - gustina vazduha (kg/m^3), R - rastojanje od centra NE (m), W_T - termonuklearna energija koja se oslobođi pri eksploziji neutronskog oružja (kt), W - ukupna energija koja se oslobođi pri eksploziji neutronskog oružja. (kt).

Formula (2) važi van vatrene lopte NE, tj. za

$$R > \frac{84}{\rho} \cdot W^{0,4} \quad (3)$$

Rezultati i diskusija

Učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PINE za eksplozije neutronskog oružja odredili smo za $\alpha = 0,75$ (prema /3/), $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $W = 1 \text{ kt}$ i 100 kt , a u zavisnosti od rastojanja R . Rezultati su prikazani na slici I.

Analizom formule (2) došlo se do zaključka da je učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PINE uvek manje od 50% za sva rastojanja koja su veća od

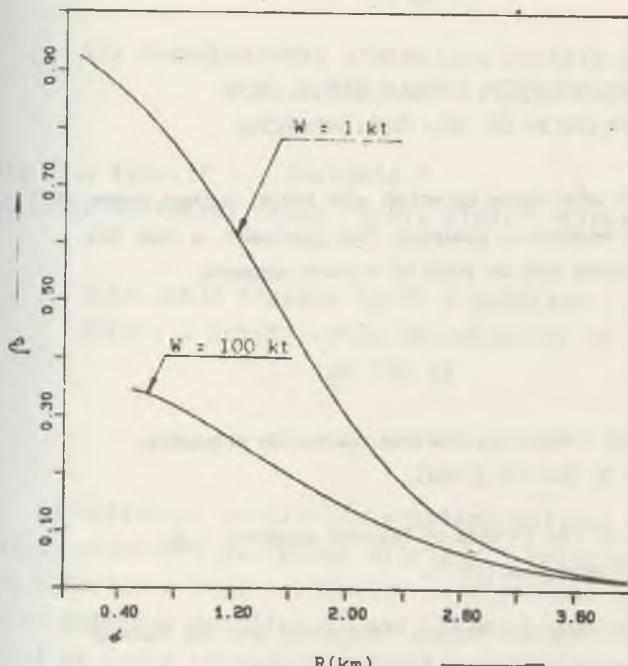
$$R > R_k = \frac{x_k}{\rho}$$

gde je x_k , u zavisnosti od W , dato u tabeli I.

Tabela I. Zavisnost x_k od W za $\beta = 0,5$

$W(\text{kt})$	0-3	10	30	40	50	55	57
$x_k(\text{kg/m}^3)$	1800	1600	1350	1100	800	400	0

Iz ove tabele se vidi da je za svako $W > 57 \text{ kt}$ učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PINE uvek manje od 50%.



Sl. 1

Smanjenje β sa povećanjem R (vidi sl. 1) prouzrokovano je značajnim doprinosom doze sekundarnog gama zračenja iz reakcija $^{14}\text{N}(n,\gamma)^{15}\text{N}$. Efektivna relaksaciona dužina gama zračenja iz reakcije $^{14}\text{N}(n,\gamma)^{15}\text{N}$ u vazduhu, pri $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ iznosi oko 450 m, a neutronskega zračenja iz DT reakcije (14,1 MeV) oko 285 m /H. Saglasno tome indukovano gama zračenje dostiže veća rastojanja nego primarno neutronsko zračenje, što ima za posledicu povećanje β sa povećanjem R .

Smanjenje β sa povećanjem W tumači se efektom "hidrodinamičkog pojačanja" gama doze produkata fizijske. Ovaj efekt je posledica formiranja šupljine unutar vatrene lopte i preraspodele produkata fizijske iz centra vatrene lopte na njenu periferiju. Na taj se način rastojanje od izvora gama zračenja produkata fizijske do "posmatrača" efektivno smanji za dužinu koja je približno jednaka radijusu vatrene lopte (za $W = 100 \text{ kt}$, $R_v \approx 440 \text{ m}$). Pored toga, gama zračenje koje prolazi kroz šuplju sferu praktično ne trpi nikakve apsorpcije, pa i to doprinosi povećanju gama doze na rastojanjima većim od radijusa vatrene lopte. Za neutronske zračenje efekt hidrodinamičkog pojačanja ne postoji jer se ono iz nuklearnog oružja emituje pre početka formiranja vatrene lopte. Saglasno tome, za $R > R_v$ doprinos gama doze produkata fizijske postaje tim veći što je radijus vatrene lopte veći, tj. što je veće W , i za $W > 57 \text{ kt}$, učešće neutronske doze u ukupnoj dozi PIN je uvek manje od 50%.

Abstract

RATIO OF THE NEUTRON VERSUS TOTAL DOSE
OF THE EXPLOSION OF NEUTRON WEAPONS

Relation between neutron and total doses connected with initial nuclear radiation of nuclear explosions of neutron weapons is analysed. The conclusion is that this ratio depends strongly on distance and on yield of nuclear weapons.

Literatura:

- /1/ Vojvodić, V. Početni impuls nuklearnog zračenja nuklearnih eksplozija. Vojnotehnički glasnik, br. 5, 562-574 (1982).
- /2/ Glasstone S. and Dolan P.J.: The Effects of Nuclear Weapons; U.S. Department of Defense, Washington (1977).
- /3/ Hafemeister, D.W., and Schroer D.: Physics, Technology and the Nuclear Arms Race; American Institut of Physics, New York (1983).

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA
Novi Sad, 08.-11.juni 1987.

-Ristić Dj., Vuković S., Marković P.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

SLABLJENJE ŠIROKOG SNOPA X-ZRAČENJA U SILIKATNOM
STAKLU I ODREĐIVANJE POLUDEBLJINE ZA NAPONE 50
DO 150 kV

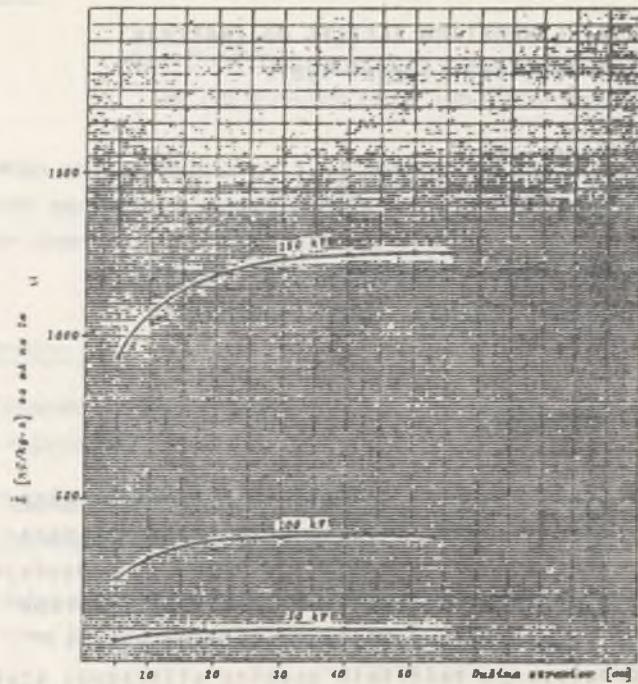
UVOD

Za rešavanje praktičnih problema zaštite od X zračenja ekranizacijom neophodno je, pored ostalog, i poznavanje zaštitnih parametara materijala koji se koriste za ekranizaciju, jer nam omogućuju proračun potrebne debljine ekranata. Poludebljina je zaštitni parametar koji se često koristi za proračun debljine zaštitnog ekranata. Zbog toga je pri našem proučavanju zaštitnih osobina silikatnog stakla određivana i poludebljina za X-zračenje generisano pri anodnim naponima 50 do 150 kV.

MATERIJAL I METODA

Za merenje slabljenja X-zračenja i određivanje poludebljina silikatnog stakla korišćene su ploče od ravno vučenog silikatnog stakla Industrije stakla iz Pančeva. Gustina ovog stakla je $2,5 \cdot 10^3$ kg/m³. Ploče su bile površine 60x60 cm i debljine od 0,2 do 0,65 cm. Površinu staklenih ploča 60x60 cm je u potpunosti zadovoljila uslov "širokog snopa" zračenja, što je prikazano na sl.1.

Za merenje slabljenja širokog snopa X-zračenja u silikatnom staklu korišćena je sopstvena metoda, prikazana i diskutovana u radu (1). Kao izvor X-zračenja korišćena je rendgenska cev CMA 208, napajana konstantnim naponom, generatora ANDREX X-RAY EQUIPMENT. Fizičke karakteristike dobijenih i korišćenih snopova X-zračenja prikazani su u tabeli 1. Slabljenje X-zračenja u staklu mereno je VICTOREN ionizacionim komorama, model 130,227,683 i 228, sa opsezima merenja $6,45 \cdot 10^{-5}$ C/kg, $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg, $6,45 \cdot 10^{-4}$ C/kg i $1,29 \cdot 10^{-3}$ C/kg, respektivno.



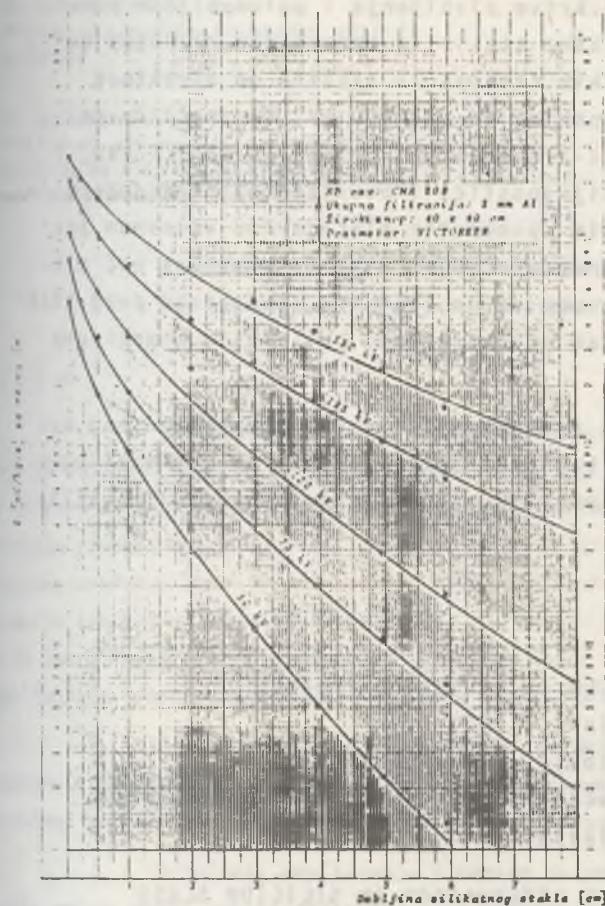
SL. 1. Jedine eksponisane doze u funkciji duljine staklice kvadratnog polja izrađena ploče od silikatnog stakla debeline 0,25 cm, pri naponima 50, 100 i 150 kV.

Tabela 1. Fizičke karakteristike korišćenih snopova I - tračenja

Napon kV	Ukupna filtracija cijele stope mm Al	Prija pola- debljina $d_{1/2}^{+}$ mm Al	Druge pola- debljine $d_{1/2}^{-}$ mm Al	Koeficijent homogenosti h	$\mu\text{C/kg}\cdot\text{s}$ iz m na 1 m	Tip Rö- cevi
50	8.25	24.00	2.91	0.452		
75	11.75	28.50	2.63	0.717		
100	14.50	34.00	2.25	1.025	CNA 108 (ANDREX)	
125	17.25	44.25	2.56	1.549		
150	20.50	59.75	2.92	2.366		

REZULTATI, DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Dobijene krive slabljenja X-zračenja u funkciji debljine silikatnog stakla za napone 50 do 150 kV prikazane su na sl.2. Pomoću ovih krivih slabljenja odredjene su poludebljine, sa krajeva ovih krivih slabljenja, jer se poludebljina za nemonoenergetsko X-zračenje menja sa porastom debljine stakla. Rezultati određivanja poludebljina stakla za anodne napone na rendgenskoj cevi od 50 do 150 kV prikazani su na tabeli 2.



Sl. 1. Stabiljenje širokog snopa X -zračenja generisanog pri napomini 40 do 150 kV u siličatnom staklu ($\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$).

Tabela 2. Poludebljine siličatnog stakla ($\rho = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) za široki snop X-zračenja

Kapacitet (kV)	Poludebljina $10^{-2} (\text{m})$	Napomena
50	0,95	Rö cew: CMA 208
75	1,35	Filtracija: 2 mm Al
100	1,55	Snop zračenja: 40x40 cm
125	1,95	
150	2,40	

Prikazani rezultati tj. krive slabljenja i poludebljine pokazuju da se ravno vučeno silikatno staklo sa opravdanim razlogom može koristiti za izradu bioloških štitova za zaštitu od direktnog X-zračenja generisanog pri naponima do oko 100 kV. To znači da se može koristiti za zaštitu od X-zračenja pri primeni u medicinskoj i stomatološkoj radiografskoj dijagnostici i površinskoj rendgenterapiji. Utoliko pre što se u svim spomenutim slučajevima uglavnom javlja problem zaštite od rasejanog zračenja, čija je prodorna moć slabija. Pri tome treba imati na umu da je zaštitna sposobnost ovog stakla malo niža nego za kvalitetan običan beton, pri niskim energijama fotonskog zračenja.

Prezentirani rezultati su upotrebljivi kod konzervativnog načina proračunavanja debljine bioloških štitova, kako se u praksi uglavnom čini, jer se na relativno lak način izračunava debljina štita sa adekvatnom zaštitnom moći.

ABSTRACT

XIV Yugoslav Symposium on Radiation Protection

Novi Sad, 8-11.juni, 1987.

Dj.Ristić, S.Vuković, P.Marković

Institute for Nuclear Sciences "Boris Kidrić"-Vinča,
Belgrade, Yugoslavia

BROAD BEAM X-RAYS ATTENUATION IN SILICIUM GLASS

Using broad beam geometry the attenuation for domestic silicium glass have been studied for constant X-ray potentials from 50 to 150 kV. The density of the silicium glass was $2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. From the attenuation curves the half value layers were obtained. The use of this glass as the biological shield is pointed out.

Key words: Attenuation; Silicium Glass; X-Rays; Broad Beam;
Half Value Layer; Shilding.

BIBLIOGRAFIJA

1. Ristić Dj., Izučavanje zaštitnih svojstava baritnog betona i silikatnog stakla za X-zračenje do 400 kV(Disertacija).Kragujevac, Univerzitet "Svetozar Marković", 1984., 248 strana, 31 tabela, 95 slika.
2. Ristić Dj., Marković P., Vuković S., Broad beam attenuation in baryt concrete for 50 to 400 kV X-rays, XI Regional Congress of IRPA, Vienna, 20-24 sep. 1983.

M. DŽAMBASEVIĆ

Vojna akademija kopnene vojske,
Beograd

M. TOMAŠEVIĆ

Institut za medicinu rada i
radiološku zaštitu "Dr Drago-
mir Karajović", Beograd

KONCENTRACIJA LAKIH JONA U VAZDUHU RENDGEN KABINETA
POD USLOVOM RENDGEN PROSVETLJAVANJA PACIJENATA

UVOD

Za vreme obavljanja rendgen diagnostike postupaka zračenju je izloženo osoblje koje profesionalno obavlja pregled pacijenata. S obzirom da se ovi radnici nalaze u zoni ionizujućeg zračenja pri obavljanju profesionalne dužnosti, neophodno je da se pored kontrole ionizujućeg zračenja, kome je ovo osoblje izloženo, vrši i merenje koncentracije lakinga jona. Ranija istraživanja (1) su pokazala da koncentracija lakingih negativnih i pozitivnih jona u vazduhu u prostorijama rendgen kabineta dostižu vrednosti koje mogu imati štetno dejstvo.

Na osnovu merenja koncentracija lakinga jona u vazduhu u rendgen kabinetima može se dati ocena o ionizujućem zračenju što je od posebnog značaja za osobe koje rukuju sa rendgen uredjajem.

Rezultati ispitivanja o kojima je reč odnose se na kontrolu radnog mesta lekara radiologa koji obavlja pregled pacijenata.

Materijal i metod rada

Merenje koncentracija negativnih i pozitivnih jona u vazduhu u prostorijama rendgen uredjaja obavljeno je jonometrom CDJ-03, proizvodnje Instituta za fiziku i Teleoptika u Beogradu.

Merenja su obavljena 2 m bočno od ledjnog stativa rendgen aparata, Grafoskop Selenos 4, za vreme prosvetljavanja pacijenata.

Rezultati rada i diskusija

Istraživanja koncentracija lakingih negativnih (n^-) i pozitivnih (n^+) jona u vazduhu rendgen kabineta odvijala su se pod uslovom primene visokog napona od 90 KV i struje prosvetljavanja od 2,5 m A.

Na mestu na kome je vršeno merenje jačina ekspozicione doze zračenja je $0,58 \text{ nC/kgs}$.

Srednje izmerene vrednosti koncentracija jona i proračun koeficijenta unipolarnosti jona (2) dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Srednje vrednosti koncentracija negativnih i pozitivnih jona i koeficijenata unipolarnosti jona

Joni $n^- \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	Joni $n^+ \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	$q = \frac{n^+}{n^-}$
10.000	14.000	1,4

Prethodna merenja su realizovana kontinuirano bez promene struje prosvetljavanja.

Naredna merenja koncentracija jona i proračun koeficijenta unipolarnosti realizovali smo sa povećanjem struje prosvetljavanja. Kada smo struju prosvetljavanja povećali na 3 mA , tada je jačina ekspozicione doze iznosila $0,71 \text{ nC/kgs}$, a vrednosti koncentracija negativnih i pozitivnih jona u vazduhu prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Srednje vrednosti koncentracija negativnih i pozitivnih jona i koeficijenta unipolarnosti jona

Joni $n^- \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	Joni $n^+ \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	$q = \frac{n^+}{n^-}$
10.000	15.000	1,5

Kada smo struju prosvetljavanja povećali na 4 mA , jačina ekspozicione doze iznosila je $0,88 \text{ nC/kgs}$, a vrednosti koncentracija jona i koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3. Srednje vrednosti koncentracija negativnih i pozitivnih jona i koeficijenta unipolarnosti jona u vazduhu

Joni $n^- \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	Joni $n^+ \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	$q = \frac{n^+}{n^-}$
18.000	22.000	1,22

Rezultati merenja pokazali su da sa povećanjem struje presvetljavanja raste jačina ekspozicione doze, pa prema tome, i koncentracija lakih jona u vazduhu prostorije u kojoj se koristi rendgen uredjaj.

Zaključak

Rezultati merenja su pokazali da koncentracija negativnih i pozitivnih jona raste sa povećanjem broja skopija i da je broj pozitivnih jona veći od broja negativnih jona.

Ova istraživanja su pokazala da je neophodno obezbediti vrućaku ventilaciju u prostorijama u kojima se koriste rendgen aparati i vršiti redovnu kontrolu koncentracija lakih jona u vazduhu.

Abstract

XIV Yugoslav Symposium on Protection of Radiation, Novi Sad, June 8.-11.1987. Džambasević M., Tomašević M. Concentration of the Light ions in the X - Ray Cabinet Air under the conditions of the X - Ray Illumination of the Patient.

The Begnard results this work is dealing With are related to the control of the Working place of the physician radiologist Who is carrying aut the examinations of the patients. The measurements have shown that the concentration of the light ions in the air is increasing together With the increasing of the illumination curvent power a well as the pover of the exposure doze (ion, concentration, illumination, patient, x-ray machire).

Literatura

1. DŽAMBASEVIĆ M. Dinamika procesa prirodne ionizacije vazduha i koeficijent unipolarnosti jona (Disertacija), Kragujevac, Jugoslavija: Univerzitet "Svetozar Marković", u Kragujevcu, 1985, 127 str.
2. RADOVANOVIĆ R., DŽAMBASEVIĆ M. Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. U: Jedanaesti simpozijum o zaštiti od zračenja održan u Portorožu 1981. Zbornik radova. Portorož, 1981, 132-137 str.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 8.-11. juni 1987.

M.Šokčić-Kostić, M.Pešić, D.Antić, P.Strugar
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrić" - Vinča

NEUTRONSKE DOZE U POLJIMA BRZIH NEUTRONA NA REAKTORU RB

SADRŽAJ. - U radu su prikazane dve konfiguracije spregnutog brzo-termičkog sistema (SBTS) ostvarenog na reaktoru RB. U ovim poljima su izvršena merenja aksijalnih raspodela gustine fluksa brzih neutrona. Aksijalne raspodele apsorbovanih doza brzih neutrona su odredjene na osnovu ovih eksperimentalnih rezultata. Na kraju su dobijene raspodele doza medjusobno uporedjene (reaktor RB, spregnuti brzo-termički sistem, gustina fluksa brzih neutrona, apsorbovana doza brzih neutrona).

1. UVOD

U okviru aktivnosti vezane za ostvarivanje polja brzih neutrona na reaktoru RB /1/ realizovane su dve konfiguracije spregnutog brzo-termičkog sistema SBTS (SBTS-1 i SBTS-2) /2/. Ovi sistemi su formirani unutar aktivne zone reaktora upotrebom postojećeg nuklearnog goriva i to tako da ceo spregnuti sistem može da se kontroliše pomoću postojećih upravljačkih i sigurnosnih sistema.

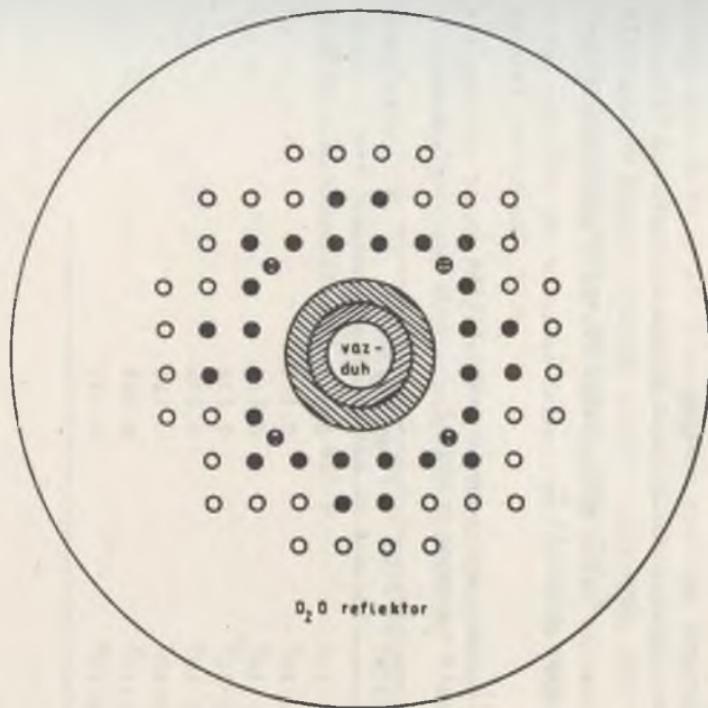
2. SPREGNUTI BRZO-TERMIČKI SISTEM NA REAKTORU RB

Brzo jezgro SBTS-1 čini prstenasti deo od 80% obogaćenog UO_2 postavljen tako da je formiran centralni vazdušni otvor prečnika 200 mm i visine 1.2 m. Oko brzog jezgra je omotač od prirodnog uranijuma koji čine gorivni elementi reaktora RB bez moderatora. Termičko jezgro reaktora je formirano od 2% obogaćenog uranijuma i 80% obogaćenog uranijumdioksida u standardnoj čeliji sa korakom od 12 cm.

Brza zona SBTS-2 je prstenasti sloj od prirodnog uranijuma sa centralnim vazdušnim otvorom prečnika 300 mm i visine 1.2 m. U ovoj konfiguraciji nema brzog jezgra, a termičko jezgro reaktora je formirano na već opisani način. Konfiguracije jezgra reaktora RB sa spregnutim brzotermičkim sistemom u obe varijante (SBTS-1 i SBTS-2) su prikazane na slici br.1. i slici br.2.

3. AKSIJALNE RASPODELE GUSTINE FLUKSA BRZIH NEUTRONA

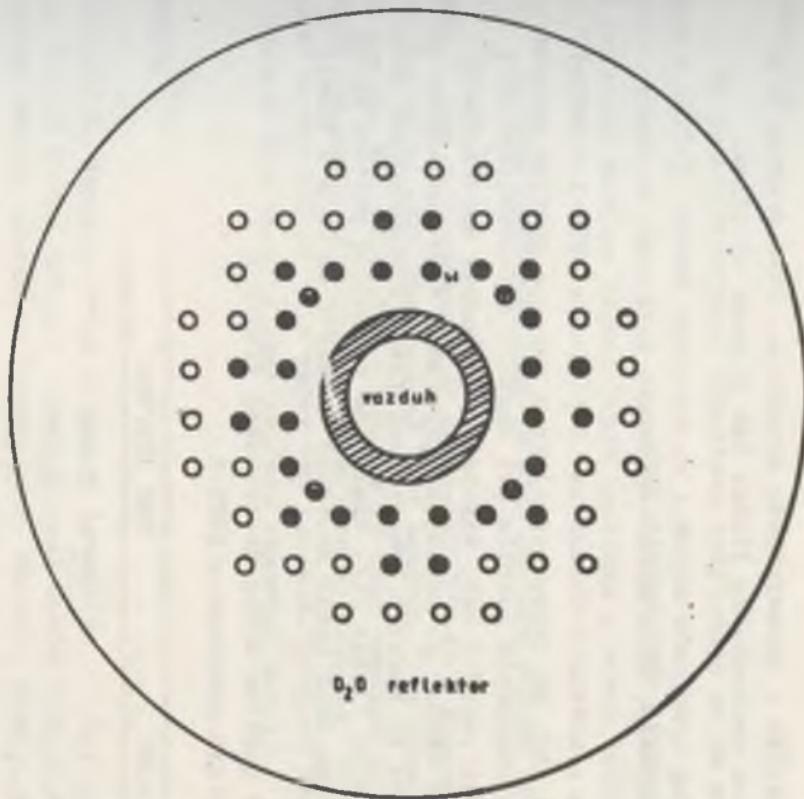
Aksijalne raspodele gustine fluksa brzih neutrona u spregnutom brzo-termičkom sistemu su izmerene aktivacionom tehnikom /3/. U ovim merenjima su korištene sumporne pastile kao prag detektori. Apsolutna aktivnost pastila je izmerena na ^{40}GM brojaču koji je realizovan u IBK /4/. Rezultati merenja su obradjeni programom ACTIVITY koji je zasnovan na analitičkim relacijama u koje



Brza zona SBTS-1

- $\frac{7}{8}$ gorivna elementa od prirodnog U
- $\frac{1}{8}$ gorivnih elemenata od 80% obogaćenog UO_2
- Termička jezgra, korak kvadratni, 12 cm
- 28 gorivnih kanala od 80% obogaćenog UO_2
- 36 gorivnih kanala od 2% obogaćenog U
- sigurnosna šipka ⊕ upravljačka šipka

Sl. 1 Konfiguracija jezgra reaktora RB sa SBTS-1



— 465 —

Brza zona SBTs - 2

72 gorivna elementa od prirodnog U

Termičko jezgre, kerak kvadratni, 12 cm

- 20 gorivnih kanala od 80% obogaćenog UO_2
- 36 gorivnih kanala od 2% obogaćenog U
- ⊗ sigurnosne šipke ● upravljačke šipke

Sl. 2 Konfiguracija jezgra reaktora RB sa SBTs - 2

su uključene sve neophodne fizičke i geometrijske korekcije. Ovaj program daje saturacionu aktivnost i gustom neutronskog fluksa kao izlazne veličine.

4. AKSIJALNE RASPODELE APSORBOVANIH NEUTORNSKIH DOZA

Neutronski spektri u centralnim vazdušnim šupljinama SBTS-1 i SBTS-2 su izračunati programom VESNA /5/. Na osnovu absolutnih merenja gustine neutronskog fluksa ostvarenih pomoću sumpornih pastila ovi spektri su normalizovani i kondenzovani u jednu makrogrupu iznad 2 MeV. Aksijalne raspodele apsorbovanih doza brzih neutrona u SBTS-1 i SBTS-2 su odredjene programom ADOS zasnovanom na analitičkim relacijama u kojima se koriste konverzionali faktori apsorbovana neutronska doza - gustom neutronskog fluksa /6/. Aksijalne raspodele gustum brzog neutronskog fluksa i apsorbovane doze brzih neutrona u SBTS-1 su date u Tabeli 1.

Tabela 1. Aksijalne raspodele gustum brzog neutronskog fluksa i apsorbovanih doza brzih neutrona u SBTS-1

H(cm)	$\bar{\Phi}_B$ (n/cm ² /s/W)	D _{ab} (Gy/Wh)
12	(7,67 ± 1,12) · 10 ⁵	0,115
32	(1,14 ± 0,17) · 10 ⁶	0,171
42	(1,29 ± 0,19) · 10 ⁶	0,193
52	(1,37 ± 0,20) · 10 ⁶	0,205
62	(1,31 ± 0,19) · 10 ⁶	0,196
72	(1,26 ± 0,18) · 10 ⁶	0,167
92	(9,34 ± 1,36) · 10 ⁵	0,140
112	(4,86 ± 0,71) · 10 ⁵	0,073

Aksijalne raspodele gustum brzog neutronskog fluksa i apsorbovanih doza brzih neutrona u SBTS-2 su date u Tabeli 2.

Tabela 2. Aksijalne raspodele gustum brzog neutronskog fluksa i apsorbovanih doza brzih neutrona u SBTS-2

H(cm)	$\bar{\Phi}_B$ (n/cm ² /s/W)	D _{ab} (Gy/Wh)
15	(4,92 ± 0,18) · 10 ⁵	0,074
30	(6,80 ± 0,25) · 10 ⁵	0,102
46	(8,80 ± 0,32) · 10 ⁵	0,132
60	(8,79 ± 0,32) · 10 ⁵	0,132
75	(8,67 ± 0,31) · 10 ⁵	0,130
90	(7,37 ± 0,27) · 10 ⁵	0,110
112	(4,32 ± 0,16) · 10 ⁵	0,065
122	(3,13 ± 0,12) · 10 ⁵	0,047

S. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da su doze u SBTS-1 veće od doza u S₂Ts-2. Ovakav rezultat se i mogao očekivati pošto je u drugoj konfiguraciji povećana centralna eksperimentalna zona uklanjanjem brzog jezgra pa su i vrednosti gustine fluksa brzih neutrona u prvoj konfiguraciji veće.

NEUTRON ABSORBED DOSES IN FAST NEUTRON FIELDS AT THE RB REACTOR

SUMMARY. - Two configuration of the coupled fast - thermal system (CFTS) are given. The axial distributions of fast neutron flux density are measured in these fields. The axial distributions of fast neutron absorbed doses are computed on the basis of mentioned experimental results. These distributions are compared at the end of this paper (RB reactor, coupled fast-thermal system, fast neutron flux density fast neutron absorbed doses).

REFERENCE

- /1/ Popović D. Natural U-D₂O Critical Assembly
U: Second United Nations International Conference on Peaceful Uses of
Atomic Energy održana u Ženevi 1958. Zbornik radova. Ženeva: UN, 1958:
392-4.
- /2/ Pešić M. Coupled Fast-Thermal system at the "RB" Nuclear reactor,
Kernenergie 1987; 80: 142-9.
- /3/ Šokčić-Kostić M. et al. Fast Neutron Spectrum Determination With
Threshold Detectors at the RB Reactor. U: International Conference
Fast Neutron Physics održana u Dubrovniku 1986. Zbornik radova.
Zagreb: Institut Rudjer Bošković, 1986: 250-3.
- /4/ Pogon reaktora RB. Tehnička dokumentacija "4"GM seta" na reaktoru RB.
Interna publikacija 1985.
- /5/ Milošević M. VESNA Program za višegrupni čelijski proračun sa
bibliotekom podataka NEDA. Interna publikacija.
- /6/ Šokčić-Kostić M. et. al. Determining of Fast Neutron Absorbed
Doses in Fast Neutron Fields at the RB Reactor
Acta Physica Hungarica 1986; 59: 461-4.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRAČENJA, NOVI SAD 08.-11. 06. 1987. god.

Rodoljub Simović, Nada Marinković
Institut za nuklearne nauke "B.Kidrič", Vinča

VERIFIKACIJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA BETONA

SADRŽAJ - Proračuni gama i neutronskih flukseva kao i brzina ekvivalentnih doza ukazuju na značaj efekta sekundarnog gama zračenja u betonu. Kako je energija gama zračenja iz (n,γ) reakcija veća od srednje energije primarnog gama zračenja i zavisi kako od neutronskog spektra tako i od hemijskog sastava betona može se smatrati da je sekundarno gama zračenje značajno pri razmatranju zaštitnih svojstava materijala, čak i kada je postignuta projektom zahtevana gustina, homogenost i stabilnost betonskog štita.

1. UVOD

Neposredna provera zaštitne moći biološkog štita nuklearnog reaktora je nezaobilazna faza u toku njegovog projektovanja s obzirom da predstavlja deo sigurnosnog sistema i nije podložan zameni u toku radnog veka reaktora. Beton predstavlja osnovnu i dominantnu komponentu biološkog štita pa je njegova zaštitna svojstva neophodno najpažljivije ispitati jer hemijski sastav betona zavisi u velikoj meri od agregata iz neposredne okoline postrojenja te ne može odgovarati u potpunosti podacima iz literature, a tehnologija izrade betona ne garantuje uvek svojstva zahtevana u projektu. Na osnovu prethodnog, ovaj rad razmatra problem ispitivanja zaštitnih svojstava običnog domaćeg betona kako bi se utvrdila saglasnost i odstupanja od teorijskih, deklarisanih svojstava i u svetu verifikovanih rezultata za slične vrste betona.

2. REZULTATI PRORAČUNA

U pripremi eksperimentata za verifikaciju zaštitnih svojstava betona izvršeni su proračuni prolaza gama zračenja kroz betonske blokove dimenzija 1mx1mx0,9m različitog hemijskog sastava. U Tabeli 1. navedeni su podaci o sastavu ovih betona. Proračuni su obavljeni računarskim programom SABINE-3 koji omogućava spregnuta izračunavanja neutronskog i gama zračenja.

Tabela 1. Hemijski sastav običnih betona

Beton	Masena frakcija elementa (%)										
	H	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
1	0,007		0,452		0,055	0,070	0,220			0,114	0,082
2	0,01		0,001	0,529	0,016	0,002	0,034	0,337		0,044	0,014
3	0,005	0,064	0,497			0,01	0,015	0,144	0,002	0,262	0,004

1- podaci iz američke literature, 2- domaći beton, 3- sovjetski podaci

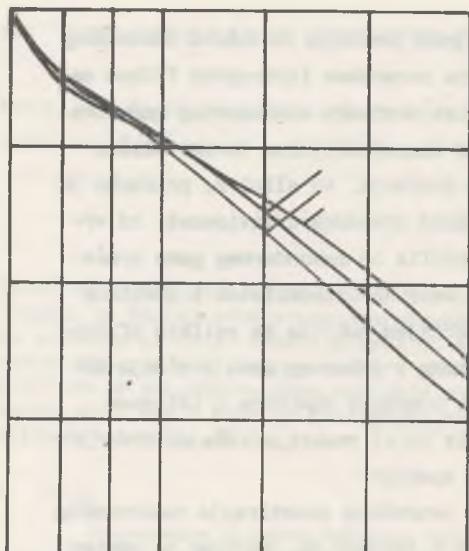
Na slici 1. prikazana je promena fluksa gama zračenja po dubini betonskog bloka. Pošto je razmatrano stanje izlaganja betona ravanskom izotropnom fliksu neutrona i gama zračenja na slici 1. zapaža se efekat nastanka sekundarnog gama zračenja u odstupanju prostorne zavisnosti fluksa od eksponencijalne forme. Slično fliksu ponaša se i brzina ekvivalentne doze gama zračenja. Na slici 2. prikazan je ideo sekundarnog gama zračenja u ukupnom fluksu gama zračenja u zavisnosti od vrste betona i pozicije u sloju. Očigledno je da zaštita od sekundarnog gama zračenja predstavlja pravi zadatak koji je direktno u vezi sa intenzitetom i spektrom neutrona i hemijskim sastavom betona, posebno sadržajem nuklida sa velikim efikasnim presecima za (n,γ) reakcije. Spektar incidentnog i izlaznog gama zračenja dat je na slici 3. S obzirom na to da sekundarno gama zračenje dominira u izlaznom gama fluksu i da je srednja energija gama zraka iz (n,γ) reakcija viša od srednje energije primarnog gama zračenja dobijen je tvrd spektar.

Pored navedenih proračuna izvršen je niz proračuna prostiranja neutronskog zračenja kroz betonske ploče dimenzija $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0,1\text{m}$ i $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0,2\text{m}$. Variran je sastav betona upotreboom podataka iz literature i podacima za domaći beton. Razmatrani su i slučajevi različitih gustina običnog betona od $1,6\text{g/cm}^3$ do $2,4\text{g/cm}^3$. Na slici 4 prikazana je prostorna raspodela ukupnog neutronskog fluksa u betonskim blokovima debljine $0,9\text{m}$ različitog hemijskog sastava. Razlike u materijalnom sastavu betona (gustina je za sva tri slučaja $2,2\text{g/cm}^3$) dovode do značajnih razlika u fluksu neutrona u debljim slojevima betonskog štita što ima uticaja na generisanje sekundarnog gama zračenja koje određuje ukupnu debljinu biološkog štita.

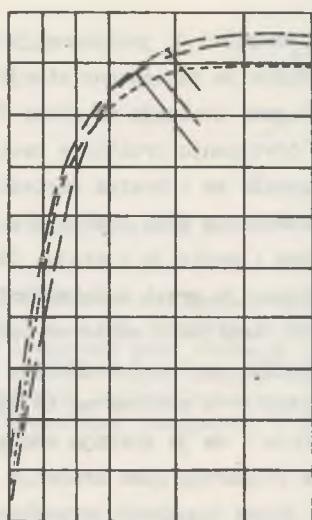
Transmisije brzine ekvivalentne doze neutrona kroz betonske ekrane različitih debljina ($0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\text{m}$) i za tri izabrana hemijska sastava data je na slici 5. Razlike u hemijskom sastavu rezultuju još uočljivijim razlikama u koeficijentima transmisije kod ekrana većih debljina. Na slici 6. prikazana je zavisnost transmisije brzine ekvivalentne doze neutrona od promene gustine i materijalnog sastava betona debljine $0,9\text{m}$. Punom linijom označen je slučaj dobijen promenom gustine betona označenog brojem 1 u Tabeli 1. Posebni proračuni izvršeni su za sve betone gustine $2,2\text{g/cm}^3$ i dobijeni koeficijenti transmisije brzine ekvivalentne doze prikazani na istoj slici tačkama. Rezultati upućuju na to da su efekti promene materijalnog sastava betona ravnii efektima promene gustine betona u velikom rasponu, te da se hemijski sastav betona mora u potpunosti poznavati, a ukoliko je moguće i izabrati.

3. ZAKLJUČAK

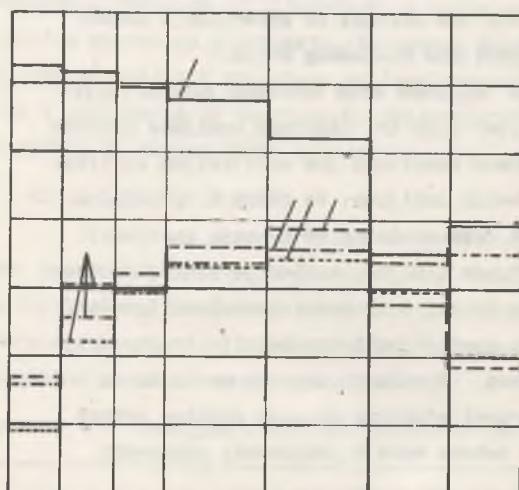
Navedeni proračuni pre svega potvrđuju značaj eksperimentalne verifikacije zaštitnih svojstava betona na prolaz neutronskog i gama zračenja i potrebu da se registruju kako funkcije slabljenja neutrona u materijalu tako i promena spektra neutrona. Poseban zaključak odnosi se na neophodnost poznавања hemijskog sastava



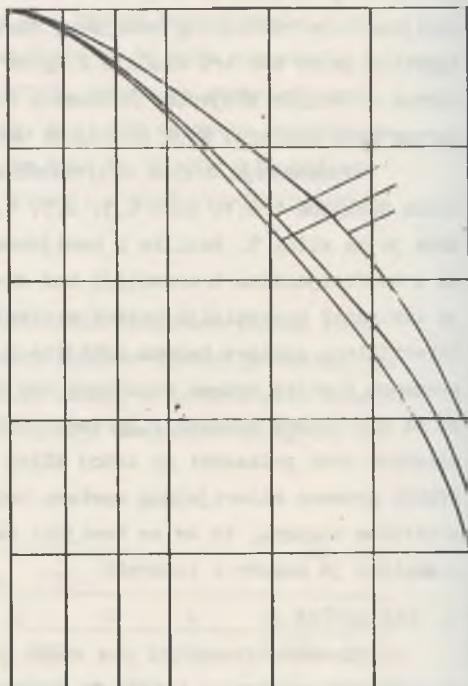
Slika 1. Prostorna raspodela gama fluksa u betonskim blokovima debeline 90 cm razlicitog hemijskog sastava



Slika 2. Udeo sekundarnog gama zračenja u ukupnom fluksu gama zračenja



Slika 3. Spektar gama zračenja na granicama betonskog bloka debeline 90 cm razlicitog hemijskog sastava



Slika 4. Prostorna promena ukupnog fluksa neutrona u betonskim blokovima debeline 90 cm razlicitog hemijskog sastava

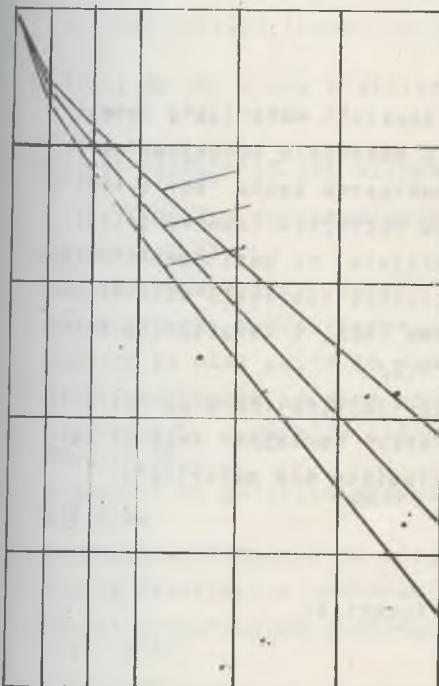
betona jer značaj sekundarnog gama zračenja ukazuje na uticaj pojedinih elemenata u sastavu betona na njegova zaštitna svojstva čak i kada se tehnologijom izrade postignu projektom zahtevana gustina materijala, homogenost i postojanost.

4. LITERATURA

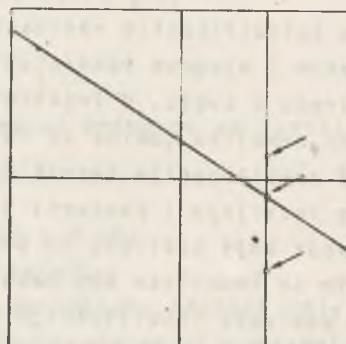
- I. C.Ponti et.al. SABINE-3. An Improvement of the Shielding code, EUR 5159e, 1974.
- I R.G.Jaeger et.al. Engineering Compendium on Radiation Shielding, Vol II, 1975.
- II D.L.Broder et.al. Voprosy fiziki zashchty reaktorov, Moskva 1963.

STUDY OF THE CONCRETE SHIELDING PROPERTIES

ABSTRACT - Computations of the gamma and neutron fluxes and equivalent dose rates point out the significance of the secondary gamma radiation. Since the energy of gamma rays from (n,γ) reactions is higher than the average energy of the primary gamma radiation and depends on neutron spectrum as well as chemical composition of the material it may be concluded that secondary gamma radiation becomes the main task when shielding problems are to be solved even if demanded density, homogeneity and stability are obtained.



Slika 5. Transmisijsa brzine ekvivalentne doze neutrona kroz betonsku zaštitu različite debljine



Slika 6. Zavisnost transmisijsje brzine ekvivalentne doze neutrona od gustine materijala i materijalnog sastava betona (d=90 cm)

I.Plečaš, J.Drljača, A.Perić, A.Kostadinović

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

DOOR Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

"Zaštita", 11001 Beograd, p.fah 522

PREDLOG KONSTRUKCIJE I TEHNIČKI PODACI ARMIRANO BETONSKOG KONTEJNERA ZA PAKOVANJE RADIOAKTIVNOG MATERIJALA

REZIME

U radu je dat predlog konstrukcije armirano betonskog kontejnera za pakovanje radioaktivnog otpadnog materijala (RAO) niske i srednje aktivnosti. Tehnički podaci su proizašli na osnovu dugogodišnjeg eksperimentalnog rada na optimizaciji mehaničko tehnoloških karakteristika betona za izradu kontejnera prilagodjenih kriterijumima i propisima IAEA.

UVOD

Proces solidifikacije radioaktivnih otpadnih materijala cementnim postupkom i njegovo kondicioniranje u betonskim kontejnerima je veoma rašireno u svetu. U Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči već nekoliko godina se intenzivno razvijaju tehnike solidifikacije i imobilizacije raznih RAO materijala, na bazi cementiranja. Takodje se razvijaju i postupci za ispitivanje kvaliteta ovih finalnih proizvoda koji baziraju na preporukama IAEA, a karakterišu materijal kojim se imobiliše RAO materijal /1,2/.

Nakon postupka imobilizacije RAO materijala, potrebno je izvršiti njegovo pakovanje u metalno bure ili betonski kontejner kako bi se u njemu odložio i preneo na centralno skladište RAO materijala.

ULOGA BETONSKOG KONTEJNERA

Betonski kontejner ima pet osnovnih funkcija:

1) Ima ulogu prijemnika

- kontejner mora biti podesne konstrukcije da se napuni radioaktivnim otpadom i u nekim slučajevima da se u njemu izvece proces imobilizacije;
- da je takve konstrukcije da ne zahteva neposredno prisustvo ljudi;

- da je napravljen od materijala kompatibilnog sa radioaktivnim otpadom.
- 2) Treba da je lak za manipulisanje i da razumno koristi prostor i zapreminu
- da ima oblik i strukturu da može lako i bezbedno da se podigne, transportuje i slaže;
 - da ima čvrstoću takvu da izdrži posledice pada u raznim situacijama;
 - da bude pogodan za spoljnu dekontaminaciju;
 - da ekonomično zauzme prostor i zapreminu za vreme stokiranja i konačnog odlaganja.
- 3) Treba da ima ulogu barijere posle konačnog odlaganja
- U mnogo slučajeva kontejner ima ulogu barijere u multibarijernom sistemu (sistem inženjerskih tranšeja) /3/.
- 4) Treba da ima ulogu biološke zaštite (veća gustina).

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE BETONA

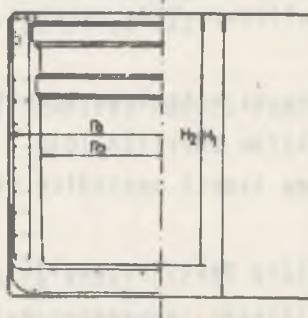
Tehničke karakteristike betona od kojeg će se raditi armirani kontejner K1:

- gustina betona $\geq 2500 \text{ kg/m}^3$;
- konzistencija betona(Abramsov konus) $\geq 4 \text{ cm}$;
- gubitak na masi posle 28 dana $\leq 30 \text{ kg/m}^3$;
- skupljanje posle 28 dana,mereno na epruvetama ($4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$) $\leq 350 \mu\text{m}/\text{m}$;
- otpornost na zatezanje pri savijanju,mereno na epruvetama($10 \times 10 \times 50 \text{ cm}$) $\geq 5 \text{ MPa}$,
- otpornost na pritisak mereno na epruvetama-kocka ivice 10 cm $\geq 50 \text{ MPa}$;
- permeabilnost,mereno na epruvetama-valjak($\varnothing 10, H=10 \text{ cm}$) $\leq 10^{-12} \text{ cm}^2$;
- brzina izluživanja radionuklida(metoda prema Hespe-u) $\leq 10^{-5} \text{ cm/d}$ /5/;
- brzina procurivanja radionuklida,po metodi razradjenoj u IBK $\leq 10^{-5} \text{ cm/d}$ /3,4/.

JELIK I DIMENZIJE KONTEJNERA

S obzirom na različite vrste RAO,predlažu se dva tipa betonskih kontejnera,oblika definisanog na slici 1.

Manipulacija kontejnera vrši se pomoću tri otvora postavljenih na obodu kontejnera pod uglom od 120° .



S1.1. Presek kontejnera i detalji armature kontejnera

Dimenzije dva tipa, KIL 1 i KIL 2 armiranobetonskih kontejnera, prikazane su u tabeli.

	Spoljni prečnik (cm)	Unutrašnji prečnik (cm)	Visina kontejn. (cm)	Visina otvora (cm)	Zapremin kontejn. (m ³)	Efikasna zapremina (m ³)
KIL 1	140	110	130	115	1,09	0,95
KIL 2	100	70	130	115	0,44	0,38

Formulacija sastava betonske smeše, data je u našim prethodnim radovima /3,4/.

ZAKLJUČAK

Predloženi tehnički uslovi i konstrukcija armiranobetonskog kontejnera za pakovanje radioaktivnog otpadnog materijala poslužiće kao osnova za dalju optimizaciju bezbednog odlaganja nisko- i srednje-radioaktivnog otpada iz Jugoslovenskog nuklearno-energetskog programa, a svoju prvu primenu načiće u realizaciji sistema za redukciju zapremine RAO, u postrojenju za tretiranje RAO u NE Krško, u kojoj je učestvovala grupa saradnika iz Vinče.

XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, 8-11.jun
I.Plećaš, J.Drljača, A.Perić, A.Kostadinović
THE NEW CONCEPT OF CONSTRUCTION AND TECHNICAL DATA FOR CONCRETE
CONTAINER FOR RADIOACTIVE WASTE PACKING

ABSTRACT

In this paper the new concept of construction and design of concrete container for low and intermediate radioactive waste, is presented. Technical data are obtained from the long period experimental work on optimisation of mechanical and technologycal characteristics of concrete for containers which correspond to IAEA criteria.

- concrete, - container, - waste

LITERATURA

- 1) PLEĆAŠ I. Beton de contenurs pour dechets radioactifs. CEN Saclay 1981; STA(LBR/81-DT-615)(Oct.)
- 2) PLEĆAŠ I., KOSTADINOVIC A., STOJANOVIC B. Razrada metode za ispitivanje permeabilnosti betona i maltera na azot u tehnologiji solidifikacije radioaktivnih otpadaka koji nastaju u radu nuklearno-energetskih postrojenja. Naše gradjevinarstvo 1983; 37 4: 561-4
- 3) PLEĆAŠ I. Some Important Characteristics of Concrete Containers in Radioactive Waste Packing. U: XI Regional Congress of IRPA, Vienna Sept. 20-24 1983: 1983: 206
- 4) PLEĆAŠ I., MIHAJLOVIĆ Lj., KOSTADINOVIC A. Obrada i odlaganje radioaktivnih otpadnih materijala iz nuklearnoenergetskih postrojenja-Neke važne karakteristike betonskih kontejnera za pakovanje radioaktivnih otpadaka. Hem.ind. 1984; 38(3): 58-62
- 5) HESPE D.E. Leach Testing of Immobilized Radioactive Waste Solids. At.Energy Rev. 1971; 9: 195.

TEHNIKA IZRADE I KONTROLA KVALITETA

ZATVORENIH RADIOAKTIVNIH IZVORA ZRACENJA

Dobrijević R., Tubić M.
Institut za nuklearne nauke
"Boris Kidrič" - Vinča

UVOD

Zatvoreni radioaktivni izvori zračenja su svi radioaktivni izvori gde je radioaktivni materijal hermetički zatvoren u kapsulu od "nepropusnog" materijala ili je radioaktivni materijal direktno vezan u nosećem materijalu na način koji onemogućava rasturanje radioaktiviteta u okolinu. Kod zatvorenih izvora radioaktivna supstanca se može nalaziti u sva tri agregatna stanja.

Upotreba radioaktivnih izvora je raširena na sve oblasti privrede, medicini, naučne i obrazovne ustanove i sl. Broj radioaktivnih izvora u upotrebi je iz dana u dan sve veći čime se povećava ugroženost čovekove radne i životne sredine.

Da bi se faktor rizika od upotrebe radiaktivnih izvora smanjio na minimum moralo se pristupiti izradi veoma strogih propisa u oblasti njihove proizvodnje, transporta i korištenja.

Medjunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) i Medjunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) doneli su propise kojih se pridržavaju sve zemlje članice ovih medjunarodnih organizacija.

U ovom radu dat je kratak pregled u vezi proizvodnje zatvorenih izvora sa osvrtom na odgovarajuće propise koji se odnose na klasifikaciju i kvalitet izrade istih.

Tehnike izrade nekoliko tipova radioaktivnih izvora zračenja

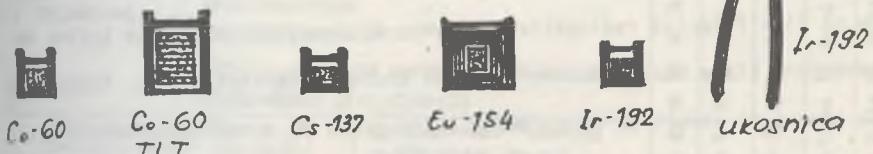
Način izrade zatvorenih radioaktivnih izvora uglavnom zavisi od vrste radioaktivnog zračenja (α , β , γ , η), namene, novoa aktivnosti i agregatnog stanja.

U većini slučajeva izvori γ -zračenja se rade tako što se radioaktivni materijal hermetički zatvara u kapsule od nekog nepropusnog materijala. Najčešći materijali su nerdjajući čelik, aluminijum, titan, plementi metali i njihove le-

gure, ampule od stakla ili plastike itd.

U najvećem broju slučajeva radioaktivni materijal se zatvara u kapsule od nerdjajućeg čelika koji izvoru obezbeđuje zadovoljavajuću hermetičnost te mehaničku, topotnu i hemijsku zaštitu. Pojedini tipovi radioaktivnih izvora se zatvaraju (zavarivanjem u struji Ar) u duplu kapsulu od nerdjajućeg čelika. Nekoliko izvora γ -zračenja je prikazano na Sl.1.

Sl.1



Tehnike izrade zatvorenih izvora α i β zračenja su slične. Najčešće se izvori ovih, vrsta, zračenje ne mogu hermetički zatvarati u nepropusne kapsule zbog apsorbacije zračenja u zidovima kapsule. Oni se uglavnom proizvode tako da se radioaktivni materijal intimno veže u neki neaktivni (noseći) materijal na način koji sprečava osipanje radioaktivnog materijala. Kod svih ovako proizvedenih izvora je karakteristično da se u uslovima eksploatacije ugraduju u specijalne nošače koji predstavljaju dodatnu mehaničku zaštitu. Najčešće tehnike su: elektrohemijska metoda, keramički postupak te kombinacija elektrohemijskog metoda i topotognog žarenja, sendvić tehnika itd.

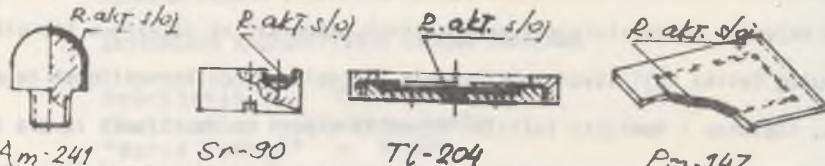
Elektrohemski postupak se sastoji u tome da se radioaktivni materijal iz rastvora, elektrohemski veže na podlogu od nekog plemenitog metala. Najvažniji uslov kod ovog postupka je obezbeđenje dobrog vezivanja izmedju podloge i radioaktivnog sloja. Radi povećanog obezbeđenja radioaktivnog sloja on se često elektrohemski presvuče jednim slojem (reda μm) od istog metala od kojeg je podloga.

Keramički postupak se sastoji u tome da se na neku noseću podlogu nanese sloj keramike (emajla) u koju se doda radioaktivitet a zatim žarenjem zajedno vežu u čvrstu masu koja zadovoljava u pogledu mehaničke, hemijske i topotne otpornosti.

Sendvić tehnikom radioaktivni sloj se zatvara izmedju dva najčešće metalna sloja (plemeniti metali) s tim da je noseći sloj deblji (0,2-0,5 mm) a zaštitni sloj vrlo tanak (nekoliko μm).

Nekoliko tipova a i b izvora prikazano je na Sl. 2.

Sl. 2



KLASIFIKACIJA ZATVORENIH IZVORA ZRAČENJA I KONTROLNI TESTOVI

Medjunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) donela je propise koji se odnose na klasifikaciju radioaktivnih izvora i odgovarajuće testove kojima se izvori odredjene klase moraju podvrgnuti radi provere kvaliteta istih. Prema ovim propisima (Aneks A) izvori su podeljeni u četri grupe na osnovu radiotoksičnosti (A, B₁, B₂, C). U Tabeli 1 dati su neki koji su najčešće u upotrebi.

Tabela 1.

POZNATIJI RADIOTOPPI PODJELjeni PO RADIOTOKSIČNOSTI - ANEKS A

GRUPA	RADIOIZOTOP
A VYSOKA R. TOKSIČNOST	A^{241} , Cf^{252} , Po^{210} , Pu^{239} , Ru^{82c} , U^{233}
B ₁ UMERENA R. TOKSIČNOST	Bi^{207} , Co^{58} , Cs^{137} , Eu^{152} , J^{125} , J^{131} , I^{132} , Sr^{80} , Tc^{99} , T^{120}
B ₂ UNERENA R. TOKSIČNOST	Au^{198} , Cd^{108} , Fe^{55} , Fe^{59} , Hg^{203} , P^{32} , Pm^{147} , S^{35} , Y^{90}
C NISKA R. TOKSIČNOST	H^3 , Kr^{85} , Tc^{99m} , U^{235} , U^{238} , Zr^{69}

Aneksom B dati su maksimalno dozvoljeni nivoi aktivnosti za svaku grupu zatvorenih izvora po osnovu radioaktivnosti (Tabela 2).

TABELA 2.

NIVO RADIOAKTIVNOSTI

	MAX AKTIVN. B ₂ (Ci)	
	RASTVORJIV ILI JAKO REAKTIVAN (ili obije)	NE RASTVORJIV NIJE REAKTIVAN
A	11,1GB ₂ (0,3)	
B ₁	1,11TB ₂ (30)	11,1TB ₂ (300)
B ₂	11,1TB ₂ (300)	111TB ₂ (3000)
C	18,5TB ₂ (1500)	185TB ₂ (5000)

1. RASTVORJIV VIŠE OD 0,7% UKUPNE AKTIVNOSTI U 100 ml H₂O, 20°C, 48h
2. MANJE OD 0,1% UKUPNE AKTIV. U 100 ml H₂O, na 20°C, 48h
3. JAKO REAKTIVNO - U NORMALNOJ ATMOSFERI ili H₂O (Na, K, U, Cs itd.)
4. SLABO REAKTIVAN U NORMALNOJ ATMOSFERI ili H₂O (Au, Ir, keramika itd.)

Aneksom C data je specifikacija karakterističnih primena radioaktivnih izvora i šifre testova prema Tabeli 4 koji se moraju primeniti za datu klasu izvora.

Tabela 3. SPECIFIKACIJA UPOTREBE ZATVORENIH IZVORA SA KARAKTERISTIČNIM NAMENAMA (ANEKSC)

UPOTREBA ZATVORENIH IZVORA		TEST I KLASA BATV. 12100				
		DEA. NR.	PR. TR.	UDA RAC.	MOR AC.	POD DA
INDUSTRIJSKA RADIOGRAFIJA:	NEZASTIĆENI IZVOR ZASTIĆENI IZVOR	4 4	3 3	5 3	1 1	5 3
MEDICINA:	RADIOGRAFIJA TELEGAMIINTERAPIJA INTELJICERALUM I INTERLUM APLIKACIJA MEDICINSKA APLIKACIJA	3 5 8 4	2 3 3 3	3 5 2 3	1 2 2 1	2 4
UREĐAJI ZA MERENJE μ (srednje i visoka energije)	NEZASTIĆENI IZVOR ZASTIĆENI IZVOR	4 4	3 3	3 2	3 3	3 2
UREĐAJI ZA MERENJE β i γ RADIJE UNIVERZITET ILU ZA ANALIZU PREKO X FLUORESCENCIJE		3	3	2	2	2
NAFTNE BUBOTINE		5	6	6	2	2
PRENOŠNI UREĐAJI ZA MERENJE VLAJNOSTI I ZAPEVNJ- NJE MADE (IZVORI TRANSPORT. TEHNIK. KOLICA)		4	3	3	3	3
OPŠTA PRIMENJIVA NEZAVRŠNA IZVORI (POKOS UVRŠENOG REAKTORA)		4	3	2	2	3
ETALON IZVORI, MAX AKTIVNOST DO 1,91 MBq (30 mCi)		2	2	2	1	2
IZVORI ZA SOCIREDACIJU:	NEZASTIĆENI ZASTIĆENI	4 4	3 3	4 3	2 2	0 3
GENERATOR JONA:	HEMATOGRAM ELIMINATOR ELEKTROG. ELECTRIC. JAVLJAJI POŽARA	3 2 3	2 2 2	2 2 2	1 2 2	1 2

Kao što se iz prikazanog vidi vrstu obaveznog testa zatvorenog izvora određuje njegova namena tj. eksploracioni uslovi.

U tabeli 4 dat je pregled testova, za svaku klasu izvora, na temperaturnu otpornost (1), spoljni pritisak (2), udarac (3) vibracije (4) i probaj (5).

Iz tabele 4 se vidi da postoji šest stepena strogoće testova i jedan stepen (x) sa specijalnim testovima za zatvorene izvore koji su izvan propisanih klasa.

Za klasu 1 nisu obavezni nikakvi testovi.

Aparatura i način izvodjenja testa su takodje određeni propisima. Ovakvi testovi se uglavnom izvode u razvojnoj fazi na prototipovima bez prisustva radioaktivnog materijala ili na originalnim izvorima. Jedna od bitnih činilaca kontrole kvaliteta izvora je kontrola pojedinačnih komponenata iz kojih se spravlja izvor (npr. kvalitet čelika, kvalitet folije, sastav keramike i sl.).

TABELA 4.

TEST	KLASA						
	1	2	3	4	5	6	X
TEMPO- RATNI TESTA	0000 TESTA	-40°C (20') +80°C (1h)	-40°C (20') +180°C (1h)	-40°C (20h) +40°C (1h) TEHNIČKI ĐOK 400°C na 20°C	-40°C (20') +600°C (4h) TEHNIČKI ĐOK 600°C na 20°C	-40°C (20') 800°C (1h) TEHNIČKI ĐOK 800°C na 20°C	SPEC. TEST
SPOLJ. PRETIS. TESTA	MENJA TESTA	25 kPa do ATMOSF.	25 kPa do ATMOSF.	25 kPa do 7 MPa	25 kPa do 10 MPa	25 kPa do 170 MPa	SPEC. TEST
UDARCI TESTA	MENJA TESTA	50g sa 1m	200 g sa 1m	2kg sa 1m	5kg sa 1m	20kg sa 1m	SPEC. TEST
VIBRACIJE	MENJA TESTA	30' 25-50 Hz 5g 5600VIT.	30' 25-50 Hz sa 5 GRAVIT. AMPLIT. PIK 50-90 Hz 0,035 mm AMPL od VREKA + VRED 80-500 Hz, 10g	50' 25-80 Hz 15 mm AMPL od VREKA do 1000 80-2000 Hz 12-20 GRAVIT.			SPEC. TEST
PROBOJI	MENJA TESTA	1g sa 1m	10 g sa 1m	50g sa 1m	300g sa 1m	1kg sa 1m	SPEC. TEST

Pored ovih mehaničko topotnih testova postoje i obavezni testovi na kontaminaciju i hermetičnost zatvorenog izvora.

Od testova na kontaminaciju najčešći su uzimanje briseva tamponom natopljenim alkoholom, potapanje izvora u odredjenu količinu vode ili nekog rastvora. Meri se uglavnom skinuta aktivnost tj. tampon ili tečnost. Dozvoljeni nivo aktivnosti iznosi do 185 MBq (0,05 µCi) ili do 1,85 MBq (0,05 µCi) u zavisnosti od vrste testa.

Kad se testom na kontaminaciju pokaže da je izvor čist on se podvrgava testovima na hermetičnost ili curenje (samo izvori zatvoreni u kapsule).

U zavisnosti od konstrukcije izvora postoji više vrsta testova kao što su metoda mehura, metoda potapanja u sastav koji reaguje sam sa radioaktivitetom a ne sa kapsulom, metoda helijumive masene spektrometrije. Kad svih ovih testova propisani su veoma strogi uslovi za dobijene rezultate.

ZMLJUĆAK

Kao što se iz izloženog vidi zatvoreni radioaktivni izvori moraju zadovoljiti veoma stroge uslove u pogledu kvaliteta tj. u pogledu čistoće, hermetičnosti te mehaničke, toplotne i hemijske otpornosti za date uslove eksploatacije. Pored poštovanja propisa u oblasti proizvodnje neophodno je strogo pridržavanje odgovarajućih propisa koji se odnose na transport i pravilnu primenu zatvorenih izvora da bi se faktor rizika smanjio na minimum.

Summary: Jugoslav Simpoosium of Radioation Protection

Dobrijević R., Tubić M.

The Techniques of Production and Quality Control
of Closed Radiation Sources

In this paper the techniques of production of the typical closed radiation sources as well as quality control of the same and classification with respect to international regulations are presented.

key words: closed radiation sources,
production, quality control

LITERATURA

I ČASOPISI

1. Radioaktivni izotopi i zračenje, Nemoda Dj.dipl.ing., Lj.Birčanin,: Problemi i mogućnosti proizvodnje radiografskih izvora sa analizom dosadašnje proizvodnje u Institutu "Boris Kidrič" u Vinči, 1965, br.8
2. Radioaktivni izotopi i zračenje, Nemoda Dj.,dipl.ing.: Proizvodnja radioaktivnih izvora kobalta-60, I, Izvori za gama-radiografiju 1963, br.2

II PROPISI

1. Propis medjunarodne organizacije za standardizaciju (ISO)
Projekat de norme internationale ISO/DIS 2919.2, 1975

UTVRDJIVANJE HOMOGENOSTI SNOPA DOBIJENOG OD GAMA IZVORA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

TOMLJENOVIC I.

SOUR "RUDI ČAJAVEC" BANJALUKA

U defektoskopiji, pri ispitivanju materijala bez razaranja, najviše se koriste izvori jonizirajućeg zračenja. Pri tome prečutno smatramo da je snop jonizujućeg zračenja kojim eksponiramo filmove homogen. Da li je to uvijek tako? Prije početka rutinskog snimanja bilo bi neophodno potrebno izvršiti analizu snopa kojim vršimo snimanje.

U ovom radu dati su podaci prilikom utvrđivanja homogenosti snopa koji se dobija od radioaktivnog izvora ^{60}Co u laboratoriji "R.Čajavec" u Banjaluci.

Korištene su dvije metode: prva metoda je utvrđivanje pomoću ionizacione komore a druga pomoću filmske trake.

1. Formiranje snopa

Radioaktivni izvori koji se koriste u našoj industriji su najčešće izvori gama zračenja ili rentgen aparati kao izvori iks-zraka. Sami izvori su u većini slučajeva valjkastog oblika, veličine reda centimetra i smješteni su u odgovarajuće olovne ili uranske kontejnere. Oko samog izvora na sve strane podjednako šire se prodrone gama zrake. Na kontejnerima se nalaze otvori kružnog oblika kroz koje gama zrake mogu slobodno da pravolinijski izlaze. Oblik otvora na kontejneru utvrđuje i sam oblik izlaznog snopa gama zraka. Izlazni snop je oblika stošca kome je vrh u samom izvoru. Sam izvor u poređenju sa dimenzijama i poljem zračenja smatramo da je tačkast izvor. U idealnom slučaju presjeci stošca, odnosno snopa trebali bi biti kružnog oblika, a na jednom presjeku da ima iste karakteristike /3/.

Homogenost presjeka snopa provjeravana je na rastojanju 2,5m od izvora, gdje je promjer snopa 0,746 m.

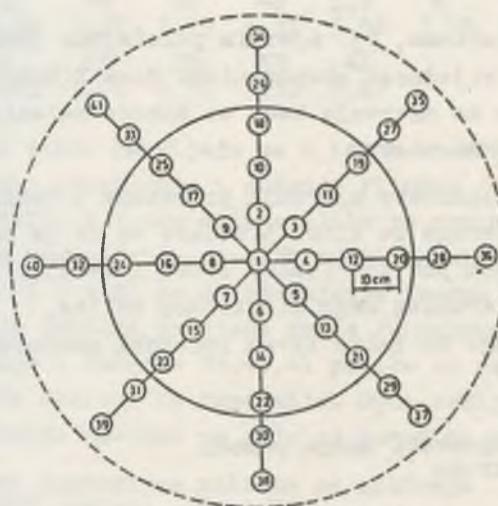
2. Utvrđivanje homogenosti snopa pomoću ionizacione Komore

Da bi mjerjenje bilo uspješno pažljivo je odabran izvor zračenja, tj. njegova aktivnost da bi na pogodnom rastojanju imali do-

voljno veliku površinu presjeka snopa, razumno kratko vrijeme mjerjenja da bi utjecaj vanjskih smetnji bio što manji. Sve to mora biti prilagodjeno osjetljivosti i mjernom području ionizacione komore kojom se raspolaze.

Ispunivši sve gornje zahtjeve komora se stavlja u posebne otvore na pomoćnom alatu i ozračuje u jednakim vremenskim intervalima.

Raspored mjernih tačaka prikazan je na slici 1 i odabran je tako da opuhvata sve tačke snopa a krajnje mjerne tačke su izvan snopa.



Slika 1. RASPORED MJERNIH TAČAKA PRI KONTROLI
HOMOGENOSTI SNOPA

Razmak izmedju tačaka je 10 cm. Mjerne tačke su u promjeru 80 cm i obilježene brojevima od 1 do 41. Mjerenje je vršeno sa komorom /od 25 R/, tip 553, a očitavano sa Condenser R.Meter, tip 570 /5/. Korišten je izvor najveće aktivnosti i pomoći alat da bi se sačuvao isti geometrijski položaj i reproducibilnost mjerenja. Rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1.

Rezultati mjerenja pri ispitivanju homogenosti snopa pomoći ionizacione komore

Mjerna tačka X·2,58·10 ⁻⁴ (C/kg)	1	2	3	4	5	6	7	8
%	12,5 o	12,5 o	12,3 -1,6	12,4 -0,8	12 -4	12,4 -0,8	12,5 o	11,8 -5,6
9	10	11	12	13	14	15	16	17
12	12,5	12,2	12,2	11,8	12,3	12	11,8	12
-4	o	-2,4	-2,4	-5,6	-1,6	-4	-5,6	-4
21	22	23	24	25	26	27	28	29
11,6	12	12,2	11,7	11,4	11,6	11,5	10,6	10,5
-7,2	-4	-2,4	-7,2	-8,8	-7,2	-8	-15,2	16
32	33							
11,5	11,5							
-8	-8							

U obilježenim tačkama, tj. mjernim položajima ionizacione komore utvrdjivali smo vrijednost ekspozicione doze X(C/kg). Odstupanja su računata u odnosu na mjerjenje kada se komora nalazila u položaju 1, tj. u centralnoj osi snopa.

Analizirajući rezultate mjerjenja prikazane u Tablici I i prateći položaj mjernih tačaka na slici 5 uočava se da je snop po pravcu s lijeva nadesno sužen pod 45° /tačka 20-21 i 24-25/. Iz toga proizilazi da snop nije kružnog nego eliptičnog oblika.

Tačke izvan kruga su tačke izvan računski proracunateg presjeka snopa.

3. Utvrđivanje homogenosti snopa pomoću fotoosjetljivih traka

Ispitivanje homogenosti snopa vršeno je pomoću fotoosjetljivih traka, tj. filmova za industrijsku radiografiju FIR 10. Trake su dimenzija 10 cm x 48 cm. Trake su ljepljene na pomoćni alat sa kojim su vršena mjerjenja ionizacionim komorama. Jedna traka postavljena je u vertikalni položaj i prekrila je mjerne tačke 1 do 34, druga 1 do 38. Druge dvije tačke postavljene su horizontalno od 1 do 36 i od 1 do 40. Treće dvije pod uglom od 45° i prekrile su tačke 1 do 35 i 1 do 39. Četvrte dvije trake postavljene su pod uglom 135° i prekrile su tačke 1 do 41 i 1 do 37.

Položaj mjernih tačaka uzet je kao na slici 1, tj. razmakom po 10 cm.

Mjerjenje su vršena densitometrom TD-502, a rezultati mjerjenja dati su u Tablici 2.

Foto osjetljive trake su osjetljive na ionizujuće zračenje koje na njima izaziva zacrnjenje kad se obrade u fotolaboratoriji.

Trake su postavljene na odstojanju 2,87 m od izvora najveće aktivnosti, i eksponiran je 10 min. pri jačini apsorbovane doze

35 cGy/h. Apsorbovana doza iznosila je 5,8 cGy.

Tablica 2. Rezultati mjerena pri ispitivanju homogenosti snopa pomoću fotoosjetljivih traka

Mjerna tačka	1,1	2	10	18	26	34	1,2	6
Optička gustina	4,46	4,09	3,76	3,61	3,46	3,55	3,86	3,67
14	22	30	38	1,3	3	11	19	27
3,57	3,55	3,32	3,08	3,99	3,72	3,61	3,47	3,16
7	15	23	31	39	1,5	4	12	20
3,94	3,72	3,60	3,57	3,78	3,83	3,65	3,47	3,45
1,6	8	16	24	32	40	1,7	5	13
3,34	3,35	3,39	3,32	3,15	3,31	3,54	3,53	3,36
37	1,8	9	17	25	33	41	21	29
2,58	3,49	3,43	3,41	3,36	3,39	3,67		

Sve filmske trake razvijaju se u istom razvijaču korišteći uređaj za automatsko razvijanje i sušenje filmova /4/.

U ovom slučaju filmska traka nije služila za dozimetrijska mjerena već za relativna uporedjenja. Analizirajući rezultate mjerena densitometrom u Tablici 2 vidi se da zacrnjenje lagano opada od središta snopa ka spoljnim ivicama presjeka snopa /promjena raspolaganja/. Povećanje zacrnjenja u tačkama 39,40,41 potiče od refleksije koja je nastala od nosača kablova za napajanje. Opći zaključak je da je snop ionizujućeg zračenja homogen po cijeloj površini presjeka.

XIV Jugoslavenski simpozijum zaštite od zračenja
8-11 juna 1987. godine - Novi Sad

Abstract

Beam cross section homogeneity of ionization radiation source has been established in two ways : firstly, by means of ionization chamber, secondly by means of film tape. ^{60}Co has been used as gamma ionization source. Measuring points arrangement in cross section is done in concentric circles.

Descriptors: beam, cross section, gamma radiation.

LITERATURA :

1. V.I. Ivanov - Kurs dozimetri, Moskva, Atomizdat 1979.
2. I.Tomljenović - Određivanje karakteristika eliptičnog polja zraka zračenja i metode etaloniranja dozimetara ionizujućeg zračenja. Magistarski rad, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, 1987. god.
3. ICRU - Publication 33 /1980/
4. J.Profio, Radiation shielding and dosimetry, John Wiley & Sons, 1978.
5. I.Tomljenović - Savremeni dozimetri
Veterinaria, 34, 3-4. 1985.

ANALIZA EKSPozICIONIH DOZA NA TERITORIJI BEOGRADA
U POST-ČERNOBILSKIM USLOVIMA

M.M. Misković, S.Glodić, J.J.Raičević

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrić"-Vinča

Rezime: U ovom radu izloženi su rezultati analize izlaganja gama zračenju stanovništva Beograda u post-černobilskim uslovima. Obuhvaćen je jednogodišnji period po akcidentu. Analiza je zasnovana na podacima kontinualnih merenja jačina ekspozicionih doza na referentnoj tački "Vinča" i na diskontinualnim merenjima na još sedam tačaka u gradu i njegovoj okolini u posmatranom vremenskom periodu. Kao rezultat analize procenjeno je da je stanovništvo Beograda i njegove blize okoline bilo izloženo prosečnoj ekspozicionoj dozi od $6,7 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ sa varijacijom od $1,6 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ do $10,5 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$.

1. Uvod

Kao što je poznato posle akcidenta u Černobilu, koji se dogodio 26.aprila 1986.godine u 01.23 h po lokalnom vremenu, došlo je do emisije znatnih količina radioaktivnih materijala u atmosferu. Glavna emisija bila je u trenutku akcidenta, a trajala je sa promenljivim intenzitetom sve do 6.maja /1/. Zbog specifičnih okolnosti u kojima je došlo do akcidenta i ogromne količine termičke energije oslobođene u početnom trenutku, radioaktivni materijal se podigao do visine od 1500 do 2000 m /2/. Snažne vazdušne struje raznele su radioaktivnost po severnoj hemisferi i prouzrokovale kontaminaciju različitih nivoa, zavisno od pravca vetra i intenziteta padavina tokom nailaska i prolaska oblaka. Prema analizi koja je prikazana u referenci /2/ teritoriju Jugoslavije zahvatila su u osnovi dva oblaka. Prvi je donela vazdušna struja koja je krenula sa područja Černobila 27.aprila u 12.00 h i preko Poljske, Čehoslovačke, južnih delova obe Nemačke i zahvativši deo Austrije svojim južnim bokom dođirnula krajnje severozapadne delova Jugoslavije tokom 30.aprila 1986.g. Druga vazdušna struja, koja je zahvatila šire delove Jugoslavije, krenula je iz područja akcidenta 29.aprila i preko južnih delova Ukrajine, Mađarske i Rumunije dospela na istočne granice naše zemlje. Prisustvo radioaktivnog oblaka maksimalnog intenziteta iznad teritorije Beograda registrovano je na osnovu merenja jačine ekspozicione doze na referentnoj tački "Vinča" 01.maja u $10,30 \text{ } \text{časova}$ /3/. Zatim jačina ekspozicione doze počinje da opada sve do

oko 18 h istog dana, kada se situacija počinje bitno da menja zbog pojave snažnih padavina sa intenzivnom grmljavinom. Nivo padavina meren na referentnoj tački "Vinča" dostigao je do 02.maja ujutru vrednost od 60,7 mm. Poredjenja radi navedeimo da je u preostalih 30 dana maja bilo ukupno 55,2 mm padavina, koje su se javljale u desetak navrata sa pojedinačnim dnevним intenzitetima od 0,3 do 29,5 mm. Očigledno je da je sticajem okolnosti, razvoj vremenske situacije na teritoriji Beograda, u konkretnim akcidentalnim uslovima, bio vrlo nepovoljan. Kao rezultat svega došlo je do depozicije radioaktivnih materijala tako da je na referentnoj tački 2. maja ujutru registrovana maksimalna vrednost jačine ekspozicione doze, koja je za oko 7 puta bila veća od maksimalne iz prethodnog dana odnosno, za oko 20 puta veća od vrednosti koja je izmerena pre prispeća radioaktivnog kontaminanta (30.april).

Polazeći od navedenih činjenica i sakupljenih podataka o vremenskom razvoju jačine ekspozicione doze, na referentnoj tački "Vinča" i još sedam mernih mesta na užem i širem području Beograda, u ovom radu izvršena je procena ekspozicionih doza kojima je bilo izloženo stanovništvo u proteklih godinu dana posle akcidenta.

2. Rezultati merenja i analize ekspozicionih doza

Kao što je izloženo u referenci /3/ počev od 30.aprila 1986.godine uspostavljena su kontinualna merenja jačine ekspozicione doze na referentnoj tački "Vinča", a od 4.maja i diskontinualna merenja na još sedam odabranih lokacija na teritoriji Beograda. Ovakav režim merenja sproveden je tokom protekle godine dana po akcidentu. Na osnovu sakupljenih mernih podataka, metodom numeričke integracije odredjene su veličine jednogodišnjih (1.maj '86.-30.april '87.) ekspozicionih doza na otvorenom prostoru na svakom od osam mernih mesta. Ovi podaci su dati u prvoj koloni tabele 1.

Ukupne ekspozitione doze koje potiču od deponovanog kontaminanta date su u koloni dva tabele 1. Ove vrednosti dobijene su umanjenjem za doprinos fona. Potrebno je napomenuti da vrednosti fona gama zračenja na svim mernim tačkama, izuzev referentne tačke "Vinča", nisu pre akcidenta sistematski određivane. Zato su ove vrednosti procenjene, na osnovu raspoloživih podataka i iskustva sa greškom od $\pm 15\%$. To je našlo odraza u tačnosti sa kojom su

procenjene ukupne ekspozicione doze na posmatranim lokacijama u jednogodišnjem periodu.

Tabela 1. Ekspozicione doze na otvorenom prostoru tokom jednogodišnjeg perioda po akcidentu ($\mu\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Lokacija	Ukupna ekspoziciona doza	Ukupna ekspoziciona doza umanjena za doprinos fona.
"Vinča"	46,3 ± 2,3	28,3 ± 4,2
"Avala"	42,7 ± 2,1	24,7 ± 3,7
"Petlovo Brdo"	46,2 ± 2,3	28,2 ± 4,2
"Bežanija"	30,2 ± 1,5	12,2 ± 1,8
"SIV II"	22,3 ± 1,1	4,3 ± 0,6
"Veter.fak."	27,9 ± 1,4	9,9 ± 1,5
"Karaburma"	33,4 ± 1,7	15,4 ± 2,3
"Zvezdara"	39,0 ± 1,9	21,0 ± 3,1

3. Procena prosečne jednogodišnje ekspozicione doze

U normalnim uslovima života i rada stanovništvo veći deo vremena provodi u zatvorenom prostoru. Zbog toga, za procenu prosečnog spoljašnjeg pojedinačnog izlaganja gama zračenju, pored poznavanja vrednosti ekspozicionih doza na otvorenom prostoru, treba znati i takozvane faktore zaštite. Vremenski usrednjeni faktori zaštite zavise od dva osnovna parametra: ekranizacije koju pružaju gradjevine i vremena koje se provodi u njima. Faktori zaštite (FZ) se inače mogu odrediti iz sladeće relacije /4/:

$$FZ = 1 + FB \cdot (FE - 1) \quad (1)$$

gde je FE – faktor ekranizacije, a FB – faktor boravka u zatvorenom prostoru. Faktor ekranizacije se definiše kao odnos ekspozicionih doza u zatvorenom i na otvorenom prostoru. Faktor boravka po definiciji predstavlja deo vremena koji se provodi u zatvorenom prostoru. Prema tome FE i FB predstavljaju veličine koje su po definiciji pozitivne i imaju vrednosti izmedju 0 i 1.

Faktore ekranizacije, odnosno zaštitne moći gradjevina u uslovima akcidentalnih kontaminacija okoline, izučavalo je i analiziralo niz autora /5, 6, 7, 8/. Uopšte uzev ove veličine zavise od

energetskog spektra gama zračenja, debljine i vrste materijala od koga su zidovi i ostali elementi kao i od njihove geometrijske forme, odnosno tipa gradjevina. Pod predpostavkom da u spektru gama zračenja dominiraju fotonii energija većih od nekoliko stotina keV, energetska zavisnost faktora zaštite može se zanemariti u prvoj aproksimaciji. Ovakva predpostavka je realna za slučajeve hipotetičkih nuklearnih akcidenta pri kojima dolazi do topljenja jezgra reaktora i istovremene dezintegracije kontejmenta, kakav je bio i černobilski za gradjevinu u urbanim sredinama faktori ekranizacije zavise i od gustine objekata. Naprimer, ispitivanja su pokazala /9/ da bliske susedne gradjevine mogu uticati na redukciju faktora ekranizacije i do dva puta.

Zavisno od navedenih činjenica faktori ekranizacije variraju u širokim opsezima od oko 0,5 do oko 0,001. Iz tih razloga pri izboru njihovih vrednosti za procenu izlaganja gama zračenju od deponovanih gama kontaminanata treba biti vrlo obazriv. U tabeli 2. date su preporučene vrednosti ovih faktora od strane pojedinih autora, grupa ili medjunarodnih institucija i za neke tipične gradjevinske objekte i lokacije u njima.

Tabela 2. Faktori ekranizacije od gama zračenja pri uslovima spoljne kontaminacije u nuklearnim akcidentima

Tip objekta i mesto u njemu	Ref./10/	Ref./6/	Ref./2/
Usamljena zgrada od cigala	0,05-0,3	0,015-0,4	0,3
Manja višespratna zgrada			
- Podrumske prostorije	0,01		0,1
- Prizemlje i prvi sprat	0,05		0,2
Veće višespratne zgrade			
- Podrumske prostorije	0,005	0,001	
- Viši spratovi	0,1	0,005	

Na osnovu svega izloženog, posebno numeričkih podataka datisih u tabeli 2. kao i nekih naših eksperimentalnih istraživanja u proteklom periodu, opredelili smo se da za svrhe procene prosečne ekspozicione doze u ovom radu koristimo vrednost $FE = 0,3$.

Faktor boravka (FB), odnosno deovremena koje stanovništvo provodi u zatvorenom prostoru značajno varira zavisno od tipa zgrada (prisemne sa i bez okućnice, višespratne itd.) klimatskih uslova i načina života i rada itd. Vrednosti koje se preporučuju za prosečne evropske uslove, a koje se po našem mišljenju mogu primeniti i kao prosečne za teritoriju Beograda iznose 90% boravka u zatvorenom prostoru i 10% na otvorenom odnosno, FB = 0,90.

Detaljnija analiza ove veličine može se naći u referenci /11/.

Na osnovu rezultata o veličinama godišnjih ekspozicionih doza datih u tabeli 1. i prosečnog faktora zaštite odredjenog prema relaciji (1) uz korišćenje izabranih vrednosti za faktore FE i FB, izračunata je prosečna ekspoziciona doza za stanovnike Beograda i dobijeno da ona iznosi $6,7 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$, sa varijacijom od $1,6(\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ do $10,5 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$. Ova vrednost dobijena je kao srednja za osam lokacija za koje su date godišnje ekspozitione doze u tabeli 2. Varijabilnost odnosno, rasponi ove veličine odredjeni su na osnovu minimalne i maksimalne vrednosti ekspozicionih doza datih u istoj tabeli.

4. Zaključne napomene

Analiza ekspozicionih doza, kojima je bilo izloženo stanovništvo Beograda i njegove okoline u proteklih godinu dana posle Černobilskog akcidenta prikazana u ovom radu, ukazuje na svu složenost ovog problema. Uzrok tome je najpre, neravnomernost intenziteta polja gama zračenja usled velike nehomogenosti u prostornoj raspodeli deponovanog kontaminanta na relativno malom području Beograda i njegove bliže okoline prečnika ne većeg od 30 do 50 km. Drugi parametar koji značajno utiče na složenost ove procene je veliki stepen neodredjenosti takozvanog faktora zaštite, usled veoma širokog opsega mogućih vrednosti faktora ekranizacije. Iz tih razloga u ovom radu je mogla biti izvršena samo procena prosečno očekivane individualne vrednosti ekspozitione doze za koju je dobijena vrednost od $6,7 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ i odredjene njene potencijalne granice varijacije od $1,6$ do $10,5 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$. Smatramo da procenjena prosečna vrednost ekspozitione doze može da posluži za ocenu blogalnih efekata a granice njenog raspona kao najverovatnije minimalne i maksimalne ekspozitione doze.

Autori ovog rada smatraju se posebno obavezni da se zahvale inženjerima Jovanu Bjelanoviću, Željku Krneti i Rajku Komatinim i stručnim saradnicima Zoranu Mininčiću, Aleksandru-Saši Ristiću i Krstiju Mijailoviću za uspešno održavanje merne opreme i obavljanje sistematskih merenja jačina ekspozicionih doza u dugom vremenskom periodu pod često vrlo nepovoljnim uslovima.

ANALYSIS OF THE EXPOSURE DOSE ON THE BELGRADE REGION
AFTER CHERNOBIL REACTOR ACCIDENT

Abstract: Gamma-ray exposure of the population in the Belgrade region after Chernobil accident are analysed. Analysis was founded on the data obtained by continual measurements of the exposure dose rate on the referent point "Vinča" and other seven points inside town and its vicinity. As a results it was estimated that population in the Belgrade and its vicinity was exposed to average exposure dose during a year after accident of $6,7 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ with variation from $1,6 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$ to $10,5 \text{ } (\mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1})$.

REFERENCE

1. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy:
The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and Its Consequences, Information Compiled for the IAEA Experts' Meeting, Vienna, 25-29 August 1986.
2. J.Ehrhardt, P.Jacob, Models for Accident Consequence Assessments with First Verifications After the Chernobyl Reactor Accident, "Information stangung Sicherheit der Kernkraftwerk im Lihte von TMI und Tschernobyl" of the Schweizerische Vereinigung für Atomenergie, Zürich-Oerlinon, Switzerland, November 3/4, 1986.
3. M.M.Ninković, J.J. Raičević, S.Glodić, Post-černobilska evolucija jačine ekspozicione doze na lokaciji "Vinča" i teritoriji Beograda, II Savetovanje "Izlaganje zračenju iz prirodne sredine i procena odgovarajućeg rizika", Kragujevac, 6-8 oktobra 1986.

4. International Atomic Energy Agency, Dervived Intervention Levels for Application in Controlling Radiation Doses to the Public in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Safety Series No.81, IAEA, Vienna, 1986.
5. J.W.Healy, E.R.Baker, Radioactive Cloud-Dose Calculations, p. 301 in Meteorology and Atomic Energy by D.H.Slade (ed.), U.S.Atomic Energy Commission, Washington D.C., 1968.
6. G.Z.Burson, E.A.Profio, Health Physics 33, p.387, 1977.
7. C.D.Kocher, Nuclear Technology 48, p. 171, 1980.
8. R.Meckbach, P.Jacob, H.G.Paretzke, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A255, p.160, 1987.
9. A.J.Auxier, D.C.Berger; M.C.Eisenhauer, F.T.Gessell, R.A.Jones, E.M.Masterson, Report of the Task Group on Health Physics and Dosimetry, President's Commission on Accident at Three Mile Island, Washington D.C., 1979.
10. UNSCEAR, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects Report to the General Assembly, Anex D,p. 189, United Nations, New York, 1982.
11. L.Brown, Radiation Protection Dosimetry 54, p. 203, 1983.

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRACENJA

Novi Sad, 8. - 11.jun 1987.

M.Kovačević, I.Mirić, D.Veličković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

ODREDJIVANJE FAKTORA SLABLJENJA X ZRACENJA
U VAZDUHU ZA NAPONE OD 50 KV DO 250 KV

UVOD

Pri apsolutnom merenju jačine ekspozicione doze X-zračenja pomoću ionizacione komore sa vazdušnim zidom, aktivna zapremina komore je definisana prečnikom otvora dijafragme i dužinom sabirne elektrode. Po konvenciji koja je u svetu usvojena tačka u kojoj se određuje vrednost jačine ekspozicione doze je najuži deo dijafragme. Zbog toga je pri apsolutnom odredjivanju jačine ekspozicione doze neophodno izmerenu struju ionizacije u komori korigovati zbog apsorpcije primarnog zračenja u vazduhu. Korekcija se vrši za rastojanje od centra kolektorske elektrode do najužeg dela dijafragme. Korekcioni faktor se određuje za sve spekture X-zračenja u kojima se vrše merenja.

U ovom radu su prikazani rezultati eksperimentalnog određivanja korekcionog faktora zbog slabljenja X-zračenja za ionizacionu komoru sa vazdušnim zidom ND-1008 proizvodnje Nacionalnog biroa za mere u Budimpešti i za spektar X-zračenja koji se dobija iz Rödozimetrijskog generatora X-zračenja MG-320, proizvodnje Philips.

KARAKTERISTIKE OPREME

Ionizaciona komora sa vazdušnim zidom ND-1008 namenjena je za apsolutno odredjivanje jačine ekspozicione doze X-zračenja u opsegu energija koji odgovara naponima na Rö-cevi od 50 kV do 250 kV. Prema atestu proizvodjača komora ima sledeće karakteristike:

- prečnik prednje dijafragme: $(10,00 \pm 0,05)\text{mm}$
- dužina sabirne elektrode: $(49,200 \pm 0,001)\text{mm}$
- rastojanje izmedju sabirne i visokonaponske elektrode: 280 mm
- rastojanje od otvora dijafragme do centra sabirne elektrode $(224,5 \pm 0,2)\text{mm}$

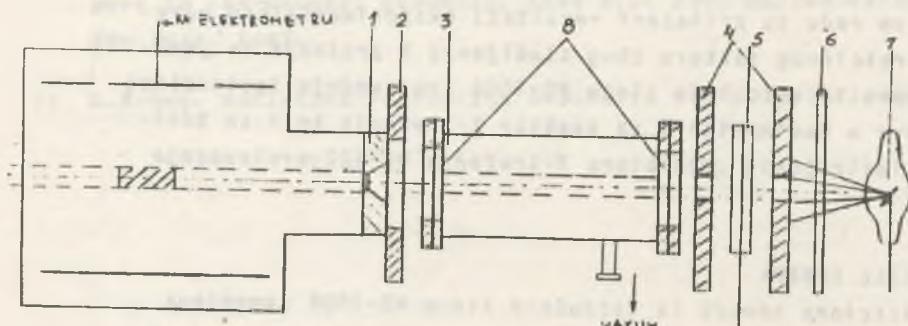
- struja curenja komore: manja od 10 fA
- radni napon komore: oko 2800 V.

Struja ionizacije ionizacione komore meri se digitalnim strujnim integratorom NP 2100 proizvodnje Seibersdorf, koji prema atestu meri struju od 10 pA do 100 nA sa greškom od $\pm 0,32\%$.

Merenje struje ionizacije u komori vrši se u poljima X-zračenja koja formira dozimetrijski generator X-zračenja MG-320 proizvodnje Philips. Generator je konstruisan tako da se vrednosti napona na Rö-cevi mogu da menjaju od 30 kV do 320 kV. Prema atestu uredjaja greška postavljanja napona je 0,12%, a greška postavljanja struje 0,21%. Unutrašnja filtracija generatora je ekvivalentna debljinama od 4 mm Al.

EKSPERIMENTALNI POSTUPAK I REZULTATI MERENJA

Korekcioni faktor zbog apsorpcije određen je tako što je između Rö-cevi i ionizacione komore postavljena aluminijumska cev sa tankim prozorima. Cev ima priključak koji omogućava promenu pritiska vazduha u cevi. Na slici 1. šematski je prikazana eksperimentalna postavka. Primarni snop X-zračenja je kolimisan parom



Slika 1. Šematski prikaz eksperimentalne postavke: 1 - kolimatorska dijafragma; 2 - zaštitna dijafragma; 3 - cev sa promenljivim pritiskom; 4 - dijafragme za kolimaciju X-zračenja; 5 - transmisiona komora za praćenje stabilnosti emisije X-zračenja; 6 - filtri Rö-uredjaja; 7 - Rö-cev; 8 - plastični prozori na Al - cevi.

dijafragmi, tako da mu prečnik snopa bude veći od prečnika kolimatora komore sa vazdušnim zidom, ali istovremeno manji od prečnika cevi u kojoj se postiže promenljivi pritisak. Prozori na cevi su

izradjeni od plastične folije čija je debljină 0,1 mm. Dužina cevi iznosi 469 mm. Karakteristike snopa X-zračenja date su u Tabeli 1.

Tabela 1.

Napon cevi(kV)	50	100	150	200	250
Struja cevi(mA)	15	10	10	10	10
Dodatna filtracija	4mm Al	4mm Al	4mm Al+ 0,21mm Cu	4mm Al+ 0,49mm Cu	4mm Al+ 1,93mm Cu
Prva poludebljina (mm Cu)	0,114	0,25	0,69	1,12	2,70
Srednja energija (keV)	37	46	64	80	120

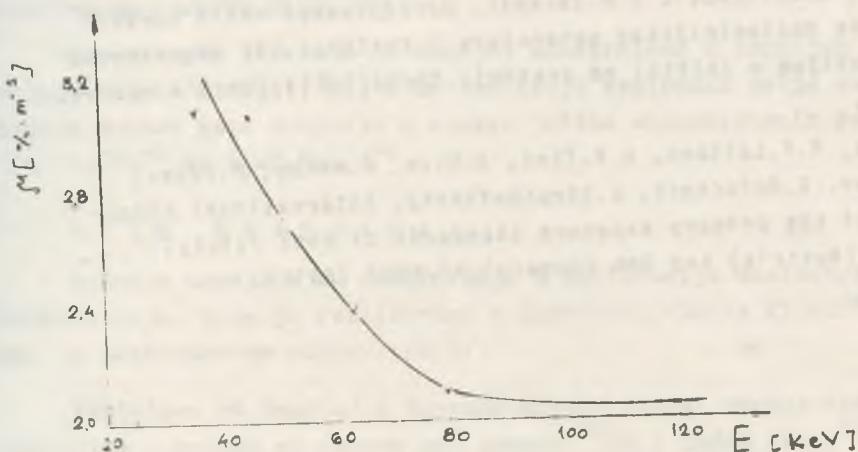
Linearni faktor slabljenja primarnog X-zračenja se određuje merenjem struje ionizacije kada se u cevi nalazi vazduh pod atmosferskim pritiskom i kada je cev evakuisana na manje od 0,01mbar.

Rezultati izmerenih vrednosti linearog koeficijenta apsorpcije za različite vrednosti napona dati su u Tabeli 2.

Tabela 2.

Napon cevi(kV)	50	100	150	200	250
Linearni koeficijent apsorpcije za vazduh(m^{-1})	$3,11 \cdot 10^{-2}$	$3,09 \cdot 10^{-2}$	$2,39 \cdot 10^{-2}$	$2,09 \cdot 10^{-2}$	$2,04 \cdot 10^{-2}$
Korekcioni faktor komore	1,0071	1,0067	1,0052	1,0048	1,0043

Zavisnost koeficijenta apsorpcije izražena u procentima po metru od energije X-zračenja grafički je prikazana na slici 2.



Slika 2. Linearni koeficijent apsorpcije izražen u % po m u zavisnosti od energije X-zračenja.

Korekcion i faktor zbog apsorpcije primarnog X-zračenja u vazduhu izmedju dijafragme i centra sabirne elektrode ionizacione komore sa vazdušnim zidom se izračunava pomoću linearne koeficijenta apsorpcije. Izračunate vrednosti za ispitivanu ionizacionu komoru sa vazdušnim zidom date su u tabeli 2.

ZAKLJUČAK

Rezultati merenja faktora X-zračenja u vazduhu za ionizacionu komoru sa vazdušnim zidom ND-1008 pokazuju da je za korišćene spekture korekcija zbog apsorpcije X-zračenja u vazduhu iznosa od 1,0071 do 1,0043. Za ionizacione komore sa vazdušnim zidom koje su primarni etaloni za ekspozicionu dozu X-zračenja ukupna greška merenja iznosi do 0,7%. Sledi da se ovaj korekcion i faktor mora posebno da odredi za svaki spektar X-zračenja.

DETERMINATION OF AIR ATTENUATION CORRECTIONS FOR X-RAYS IN THE ENERGY RANGE FROM 50 kV TO 250 kV

The paper describes the procedure used for determination of air attenuation corrections for the ND-1008 free air ionization chamber. The results obtained show that in the investigated X-ray spectra the experimentally determined values for the air attenuation corrections are from 1,0071 to 1,0043.

LITERATURA

1. I.Mirić, D.Veličković i M.Jeremić, Određivanje nekih karakteristika dozimetrijskog generatora X-zračenja,XII Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja,Ohrid(1983),Zbornik radova, 409-412.
2. A.Divina, R.F.Laitano, H.P.Toni, J.Hizo, A.Hakov, M.Péter, A.Leitner, K.Düfschmid, C.Strachotinsky, International comparisons of the primary exposure standards of Enea (Italy), Bev/Ofz (Austria) and Omh (Hungary),RT/PROT (83)21.

XII JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Novi Sad, 8. - 11.06.1987 godine

Kovačević M., Krmpotić Dj., Mirić I.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrić", Vinča

DOZIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE UREDJAJA ZA ISPITIVANJE

I KALIBRACIJU DOZIMETARA U POLJIMA GAMA ZRAČENJA

UVOD

Karakteristike koje treba da zadovolje referentna polja X i gama zračenja namenjena ispitivanju i kalibraciji dozimetara koji se koriste u zaštiti od zračenja specificirane su ISO standardom br.4037 /1/. Saglasno ovom standardu referentna polja treba da pokriju opseg jačina ekspozicionih doza od oko $0,3 \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ do oko $3 \mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; u energetskoj oblasti od 600 keV do 1,3 MeV standard preporučuje da se koriste polja koja realizuju radioaktivni izotopi kao što su ^{60}Co i ^{137}Cs .

Osnovni zahtev koji se postavlja za referentna polja gama zračenja je da jačina-eksposicione doze od rasejanog zračenja bude manja od 5% od jačine eksposicione doze od direktnog zračenja.

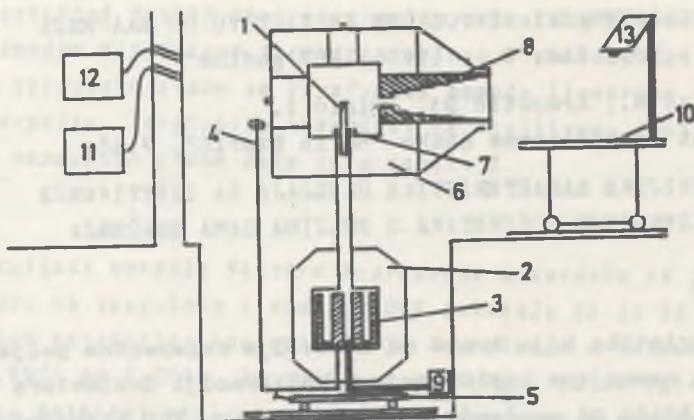
Ispunjeno je ovog zahteva proverava se merenjem jačine eksposicione doze u funkciji rastojanja i utvrđivanjem da je unutar 5% obrnuto proporcionalna kvadratu rastojanja od izvora. Merenje se vrši jonizacionom komorom sa šupljinom čija je energetska zavisnost u ispitivanom spektru mala.

U ovom radu prikazan je uredjaj konstruisan i izradjen u Institutu "Boris Kidrić", kojim se realizuju etalonska polja sa količinom snopom gama zračenja u opsegu jačina ekspozicionih doza od $7 \text{ pC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ do $5 \mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

OPISE UREDJAJA

Rešenje uredjaja za ispitivanje i kalibraciju dozimetrijske instrumentacije, koje je realizovano u Institutu "Boris Kidrić" šematski je prikazano na slici 1 /2,3/.

Kontejner za smeštaj i čuvanje izvora sadrži obrtni doboš sa ležištim u kojima se nalaze pet izvora ^{60}Co i jedan izvor ^{137}Cs i simulator izvora pogodan za optičko centriranje dozimetara u snopu.



Slika 1. Šematski prikaz uređaja: 1-izvor u radnom položaju; 2-kontejner; 3-pokretni doboš u kojem su smešteni izvori; 4-ručica za odabiranje izvora; 5-kolicica za pomeranje kontejnera; 6-zračnik; 7-elektromagnetna kopča koja drži izvor u radnom položaju; 8-kolimator; 9-pneumatski sistem za dovodjenje izvora u radni položaj; 10-radijaciona klupa; 11-komandni pult; 12-TV monitor; 13-TV kamera

Odabrani izvor se iz kontejnera pneumatski dovodi u zračnik za vreme koje je kraće od 5 s. Na putu od kontejnera do zračnika izvor se kreće kroz cev zaštićenu olovnim omotačem, pa se neodređenost uspostavljanja polja skraćuje i procenjuje na 0,1 s.

Zračnik i kolimator su izradjeni prema zahtevima koje postavlja ISO standard br.4037 za uticaj rasejanog zračenja na vrednost ekspozicione doze u mernim tačkama polja. Debljina olovnog zida i trapovi u kolimatoru izradjeni su prema šemi dатoj u istom standardu.

Radijaciona klupa je izradjena u obliku kolica koja se kreću po tračnicama sa mernom trakom. Konstrukcija radijacione klupe obezbeđuje da je reproducibilnost pozicioniranja kolica ± 1 mm.

DOZIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POLJA ZRAČENJA

Karakterizacija kolimisanog snopa zračenja u opsegu od 1,2 m do 5 m od izvora zahtevala je izvestan broj prethodnih ispitivanja, od kojih je najvažnije definisanje usmerenosti snopa na svim rastojanjima od izvora i tačnost pozicioniranja kolica.

Merenje usmerenosti ose snopa izvršeno je pomoću lasera i tri para unakrsnih končanica sa milimetarski podeljenom skalom.

Pozicioniranjem tračnica radijacione klupe postignuto je da je u celom opsegu od 1,5 m do 5 m maksimalno skretanje ose snopa po horizontali 2 mm, a po vertikali 1 mm.

Tačnost pozicioniranja kolica na tračnicama obezbedjena je konstrukcijom radijacione klupe. Procenjuje se da je reproducibilnost pozicioniranja u granicama greške od ± 1 mm.

U uređaj su ugradjeni radioaktivni izvori ^{60}Co i ^{137}Cs čije aktivnosti, deklarisane od strane proizvodjača sa greškom od $\pm 10\%$, aprila 1987.godine iznose

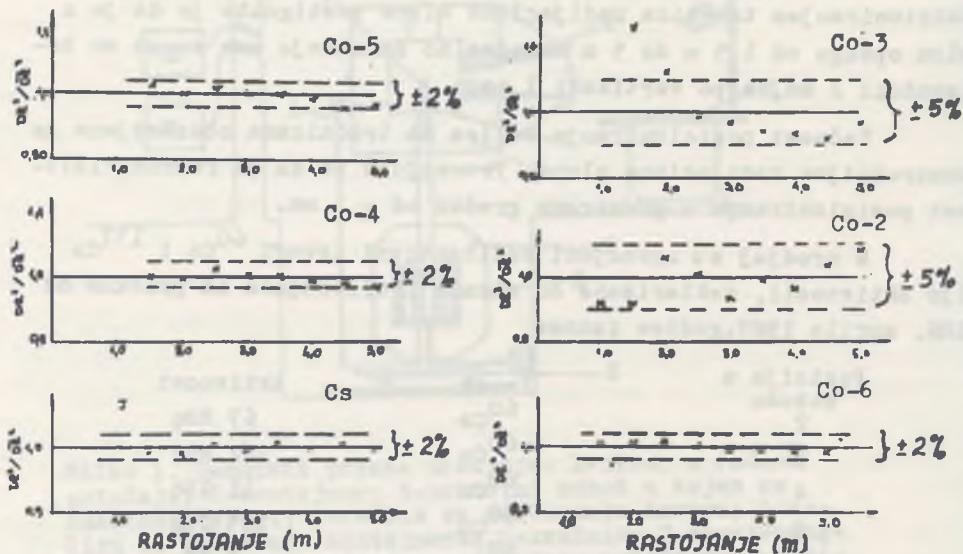
Pozicija u dobošu	Izvor	Aktivnost
2	^{60}Co	67 MBq
3	^{60}Co	762 MBq
4	^{60}Co	11 GBq
5	^{60}Co	163 GBq
6	^{60}Co	3 TBq
7	^{137}Cs	30 GBq

Merenje jačine ekspozicione doze u zavisnosti od rastojanja od izvora vršeno je za izvore ^{137}Cs i ^{60}Co u pozicijama 4, 5 i 6 pomoću PTW ionizacionih komora čija je deklarisana greška merenja $\pm 2\%$. Zbog relativno niskih vrednosti jačina ekspozicione doze u poljima koja se realizuju pomoću izvora ^{60}Co u pozicijama 2 i 3, za ove izvore merenja su morala da se vrše sa energetski kompenzovanim GM brojačem za koji se procenjuje da je, za ovu vrstu merenja, relativna greška $\pm 5\%$.

Rezultati merenja dati na slici 2 pokazuju da je na rastojanjima (R) od 1,5 m do 5 m od izvora jačina ekspozicione doze (D) obrnuto proporcionalna kvadratu rastojanja od izvora unutar $\pm 2\%$, sem za izvora u pozicijama 2 i 3 za koje proporcionalnost leži unutar $\pm 5\%$. Značajnije odstupanje vrednosti DR^2 na rastojanjima do 2 m od izvora u poziciji 5 pripisuje se povećanom fonu iz kontejnera zbog približavanja izvora aktivnosti 3 TBq.

Na osnovu izmerenih vrednosti DR^2 dobija se

$$\begin{aligned} \text{Za izvor } &^{60}\text{Co u poziciji 2} \quad DR^2 = (161,5 \pm 4,7) \text{pC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ \text{Za izvor } &^{60}\text{Co u poziciji 3} \quad DR^2 = (1,80 \pm 0,11) \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ \text{Za izvor } &^{60}\text{Co u poziciji 4} \quad DR^2 = (31,59 \pm 0,22) \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ \text{Za izvor } &^{60}\text{Co u poziciji 5} \quad DR^2 = (446,1 \pm 5,5) \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ \text{Za izvor } &^{60}\text{Co u poziciji 6} \quad DR^2 = (7,69 \pm 0,05) \text{uC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \\ \text{Za izvor } &^{137}\text{Cs u poziciji 7} \quad DR^2 = (15,59 \pm 0,09) \text{nC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$



Slika 2. Relativne vrednosti DR^2 u funkciji rastojanja od izvora

Z A K L J U Č A K

Izvršena merenja dozimetrijskih karakteristika uređaja za ispitivanje i kalibraciju dozimetrijske instrumentacije, koji je konstruisan i izradjen u Institutu "Boris Kidrič", pokazuju da:

- uređaj realizuje polja gama zračenja u kojima je uticaj rasejanog gama zračenja niži od $\pm 5\%$ i
- polja koja formiraju izvori gama zračenja ^{60}Co na rastojanjima od 1,2 m do 5 m od izvora kontinuirano prekrivaju opseg jačina eksponicionih doza od $7 \text{ pC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ do $5 \mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ koji je veći od opsega preporučenog ISO standardom br.4037.

R E F E R E N C E

1. International standard ISO 4037, 1979 (E)
2. Krmpotić Dj., Veličković D., Mirić I. "Uredaj za kalibraciju i provjeru dozimetrijske instrumentacije", XIII Jugosl. simp. zaštite od zračenja, Pula, 1985. str 663
3. Veličković D., i saradn. "Etalonska polja za kalibraciju i verifikaciju dozimetrijske instrumentacije", XII jugosl. simp. JUVEK Beograd, 1986 str 551

DOSIMETRIC CHARACTERISTICS OF A CALIBRATION FACILITY WITH GAMMA RAY SOURCES - The paper describes the principal properties of the facility with Co-60 and Cs-137 sources realized in the "Boris Kidrič" Institute. Homogeneity of the radiation fields is in the limits of $\pm 5\%$, and the dose rates realized by the sources are in the limits from $7 \text{ pC} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ to $5 \mu\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

XIV JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Novi Sad, 08.-11.06.1987.

Ranogajec-Komor M., Vekić B., Korenika Dž.

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

TERMOLUMINESCENCIJA OZRAČENIH NAMIRNICA

Sažetak: Istraživana su termoluminescentna (TL) svojstva ozračenih kadulja, škroba i jaja u prahu u svrhu identifikacije njihove ozračenosti. Snimljene su krivulje isijavanja i tako ustanovljeni parametri čitanja. Odziv, u opsegu doza od 1 do 10 kGy i fading pokazuju da su kadulja i jaja u prahu potencijalni TL detektori. Ozračeni škrob iznad 1 kGy ima TL odziv koji nije u funkciji s dozom zračenja.

Ključne riječi: termoluminescencija, ozračene namirnice.

U V O D

Frimjena ionizirajućeg zračenja za poboljšanje trajnosti i higijenske ispravnosti namirnica sve se više proširuje. Prednosti zračenja hrane u usporedbi s klasičnim metodama konzerviranja dobro su poznate^{1,2}. U 1980. godini Združeni komitet eksperata FAO/WHO/IAEA (Organizacija za hranu i poljoprivredu, Svjetska zdravstvena organizacija, Međunarodna agencija za atomsku energiju) donio je preporuku, da se hrana ozračena do prosječne doze od 10 kGy može smatrati zdravstveno ispravnom, bez potrebe daljnjih ispitivanja³. Uviđajući prednosti već više od trideset zemalja ozakonilo je postupke obrade raznih namirnica zračenjem. I u Jugoslaviji je od 1985. godine na snazi odgovarajući pravilnik⁴. Međutim, ima država, kao na primjer SR Njemačka, koje zakonski još ne dozvoljavaju da se ozračena hrana pojavi na njihovom tržištu. Kontrola uvezene hrane u takvim slučajevima zahtijeva metodu za identifikaciju ozračenosti namirnica. Takva metoda je poželjna i u zemljama u kojima je zračenje hrane dozvoljeno, kao dokaz da je zračenje i načinjeno. Poželjno je da metoda osim identifikacije ozračenosti daje i kvantitativne rezultate o dozama ozračenja i to poslije duljeg vremena stajanja.

To se pokušalo načinuti metodama kemiluminescencije^{5,6}, elektron-spin rezonancije⁷, mjeranjem vodljivosti⁸ i termoluminescencijom^{6,9}.

Termoluminescencija bioloških sistema¹⁰ pruža mogućnost za razvoj metode brzog i sigurnog prepoznavanja određenih vrsta namirnica tretiranih zračenjem. U ovom radu ispitali smo mogućnost korištenja termoluminescencije za određivanje ozračenja kadulje, škroba i jaja u prahu. Prethodna istraživanja^{11,12} u našem laboratoriju pokazala su da se ionizirajuće zračenje može veoma uspješno upotrebiti za mikrobiološku dekontaminaciju ovih namirnica.

MATERIJALI I METODE

Ispitivana kadulja (*salviae folium*) je komercijalni proizvod, pakovan u "Plivi". Datum proizvodnje je 1985., kolovoz. Poslije ozračenja i prije čitanja na TL čitaču kadulja je samljena uvijek istim postupkom (vrijeme mljevenja, brzina okretaja mlinca, itd.). Komercijalni uzorak ispitivanih jaja u prahu proizveden je u lipnju 1986.

Analizirani škrob u prahu služi kao sirovina u farmaceutskoj industriji. Uzorci su ozračeni na ⁶⁰Co izvoru panoramskog tipa dozama od 1 do 10 kGy. Brzina doza bila je 222 Gy/min.

Nakon ozračivanja uzorci su mjereni pomoću čitača TOLEDO 654, firme "Pitman". Debljina uzorka i uvjeti očitanja (temperatura i vrijeme čitanja) pažljivo su odabrani analizom krivulje isijavanja, a vrijednosti su pokazane u tabeli 1. Za vrijeme čitanja svaki uzorak je pokriven kvarcnom pločom zbog sublimacije na fotomultiplikatoru.

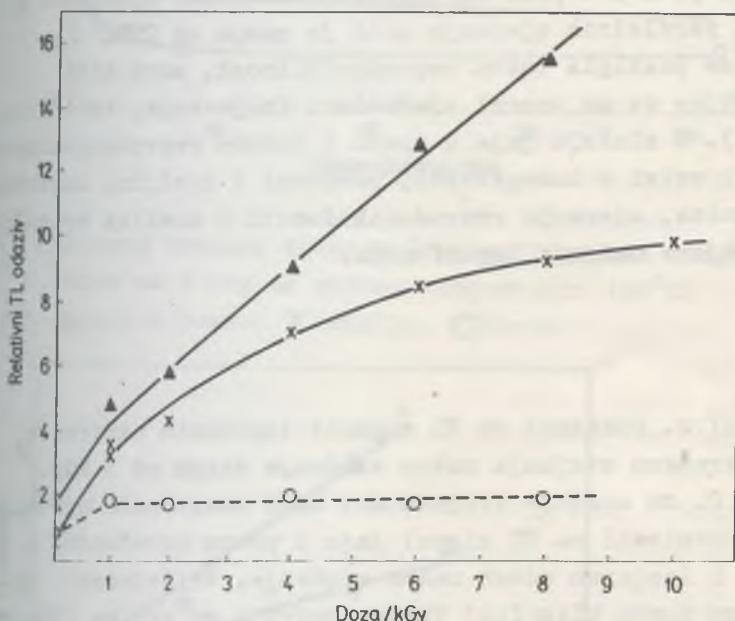
TABELA 1. Podaci o uvjetima očitavanja

Vrsta uzorka	Težina uzorka (mg)	Predgrijanje temp. (°C) vrijeme (s)	Čitanja temp. (°C) vrijeme (s)
Kadulja	9-10	-	300 °C 35 s
Škrob	10-11	100 °C 15 s	300 °C 40 s
Jaja u prahu	11-12	-	300 °C 35 s

REZULTATI I DISKUSIJA

Linearnost

TL odazivi ozračene kadulje, škroba i jaja u prahu su prikazani na slici 1., za doze od 1 do 10 kGy. Mjerni podaci u slici 1 su srednje vrijednosti najmanje šest uzastopnih (paralelnih) čitanja sa standardnom devijacijom od 7 do 25%. Linearnost signala izmjerena u slučaju jaja u prahu zadovoljava uvjete mjerjenja doza pomoću termoluminescencije.



SLIKA 1. Linearnost TL signala ozračenih namirnica u funkciji doza.

▲ jaja u prahu, X kadulja, ○ škrob

Kadulja već od 1 kGy na dalje pokazuje sublinearnost. Ozračeni uzorak kadulje od 1 kGy emitira 6-7 puta više svjetla nego kontrolni neozračeni uzorak. Kadulja je pogodna za identifikaciju ozračenosti, ali kvantitativno određivanje doze bi zahtjevalo detaljnju kalibraciju.

TL signal ozračenog škroba je samo 2 puta veći od signala neozračenog škroba i pokazuje, od 1 kGy na dalje, potpunu saturaciju. Mora se naglasiti da je najveći problem kod mjerena svih ispitanih namirnica reproducibilnost TL mjerena.

Reproducibilnost

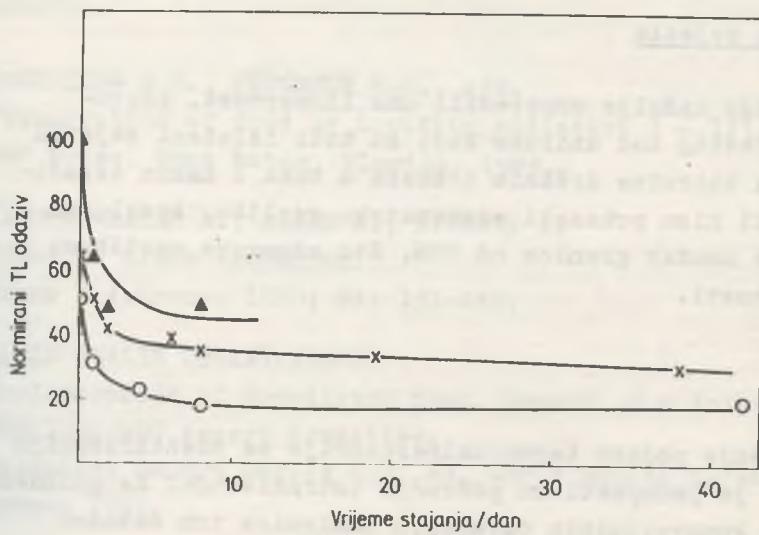
Reproducibilnost je za sada nešto detaljnije ispitana samo u slučaju kadulje. TL odaziv poslije ozračenja dozom od 1,5 i 10 kGy mjerena je u 2-4 puta ozračivanim uzorcima. Apsolutna razlika između paralelnih mjerena bila je manja od 25%.

Da bi se postigla takva reproducibilnost, mora biti zadovoljen zahtjev da su uzorci ujednačeni (mljevenje, količina, debljina, itd.). U slučaju jaja u prahu i škroba reproducibilnost u velikoj mjeri ovisi o homogenosti, površini i debljinu uzorka. Kod ovih namirnica, mjereno reproducibilnosti i analiza krivulja isijavanja zahtjeva daljnja ispitivanja.

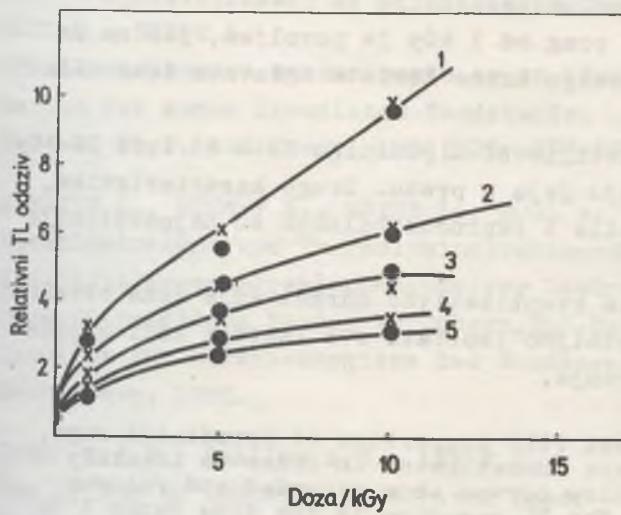
Fading

Na slici 2. pokazani su TL signali ispitanih namirnica u ovisnosti o vremenu stajanja nakon zračenja dozom od 5 kGy. Točke na slici 2. su srednje vrijednosti od 6 uzastopnih mjerena. TL odazivi su normirani na TL signal jaja u prahu ozračenih dozom od 5 kGy i izmjerena odmah nakon zračenja. Vrijednosti fadinga u odnosu prema klasičnoj TL dozimetriji su velike (50-60%).

Međutim, u slučaju kadulje dobiven je TL signal 6,5 mjeseci nakon zračenja dozom od 10 kGy. Izmjereni TL signal bio je više od 3 puta veći od neozračenog kontrolnog uzorka, čuvanog pod istim uvjetima kao i zračeni. U slučaju kadulje ispitivan je fading u ovisnosti od doze. Rezultati su pokazani na slici 3. Zaključak je da se oblik krivulje ne mijenja niti 38 dana nakon zračenja. Moguće je također, uz adekvatnu kalibraciju i postojanje kontrolnog neozračenog uzorka, ne samo razlikovati ozračenu kadulju od neozračene, nego i ustanoviti dozu kojom je kadulja bila ozračena.



SLIKA 2. Utjecaj vremena čuvanja (fading) uzoraka ozračenih dozom od 5 kGy na sobnoj temperaturi (20°C)
▲ jaja u prahu, X kadulja, ○ škrob



SLIKA 3. Utjecaj vremena čuvanja (fading) kadulje ozračene različitim dozama
X uzorak čuvan na svjetlu
● uzorak čuvan u mraku
1-0. dan; 2 - 1. dan; 3 - 2. dan; 4 - 19. dan; 5 - 38. dan

Osjetljivost na svjetlo

U slučaju kadulje usporedili smo linearnost, reproducibilnost i fading kod uzorka koji su bili izloženi svjetlu i usporedili sa uzorcima držanim u mraku u toku i nakon ozračivanja. Rezultati nisu pokazali sistematsku razliku. Apsolutna razlika bila je unutar granica od 25%, što odgovara razlikama u reproducibilnosti.

ZAKLJUČAK

Korištenje pojave termoluminescencije za identifikaciju ozračene hrane je perspektivno područje istraživanja. Za pouzdanu identifikaciju komercijalnih ozračenih namirnica tom metodom potrebno je odrediti odgovarajuće kontrolne neozračene uzorke.

Kod sve tri ispitane namirnice, kadulje, škroba i jaja u prahu, može se ustanoviti da je neposredno nakon zračenja identifikacija ozračenosti moguća već kod doza od 1 kGy na više. S aspekta korištenja termoluminescencije za identifikaciju ozračene hrane u praksi, prag od 1 kGy je povoljan, jer se za mikrobiološku dekontaminaciju hrane koriste uglavnom doze veće od 1 kGy.

Linearost i osjetljivost u području doza od 1 do 10 kGy je najpovoljnija u slučaju jaja u prahu. Druge karakteristike, kao fading, utjecaj svjetla i reproducibilnost su najpovoljnije u slučaju kadulje.

Da bi bilo moguće kvantitativno određivanje doza ozračenih namirnica potrebno je detaljno ispitati sve faktore koji utječu na reproducibilnost mjerjenja.

Summary: Thermoluminescent (TL) properties of irradiated sage, starch and egg powder were investigated in order to identify irradiation treatment. Glow curves were recorded and readout parameters established. The TL response in the dose range 1 to 10 kGy and fading characteristics show that sage and egg powder are potential TL detectors. The TL response of starch irradiated above 1 kGy does not depend on irradiation dose.
Keywords: thermoluminescence, irradiated food.

LITERATURA

1. JOSEPHSON E.S., PETERSON M.S., eds.
Preservation of food by ionizing radiation I - III
CRC Press, Boca Raton, Florida, 1983.
2. KATUŠIN-RAŽEM B., RAŽEM D., DVORNIK I.
Očuvanje hrane zračenjem.
Hrana i ishrana, 1980; 21: 131-136.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION
Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint
FAO/IAEA/WHO Expert Committee.
Technical Report Series 659, ed. World Health Organization,
Geneva 1981.
4. Pravilnik o uvjetima uz koje se mogu stavljati u promet
živežne namirnice i predmeti opće upotrebe konzervirani
zračenjem.
Službeni list SFRJ br. 68/1984. str. 1521-1522.
5. BÖGL W., HEIDE L.
Chemiluminescence measurements as an identification
method for gamma irradiated foodstuffs.
Radiat. Phys. and Chem., 1984; 25: 173-185.
6. ALBRICH S., STUMPF E., HEIDE L., BÖGL W.
Chemiluminezenz und Thermolumineszenzmessungen zur
Identifizierung Strahlenbehandelter Gewürze. Eine
Gegenüberstellung beider Verfahren. ISH-Heft 74.
Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes,
Neuherberg, 1985.
7. DODD N.J.F., SWALLOW A.J., LEY F.J.
Use of ESR to identify irradiated food.
Radiat. Phys. Chem. 1985; 26: 451-453.
8. HAYASHI T., EHLMANN D.
Identification of irradiated potatoes by means of
electrical conductivity.
Rept. Natl. Food Res. Inst. (Japan)
1980; 36: 91-97.

9. HEIDE L., BÖGL W.

Die Messung der Thermolumineszenz - ein neues Verfahren
zur Identifizierung Strahlenbehandelter Gewürze.

ISH-Heft 58. Institut für Strahlenhygiene des
Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg, 1985.

10. COOKE D.W.

Thermally stimulated luminescence in biochemical systems.
Rad. Prot. Dos., 1984; 8: 117-138.

11. KATUŠIN-RAŽEM B.

Possibilities of irradiation of salmonellae in whole egg
powder by ionizing radiation.

Final Report, IAEA Research Contract No. 3636/RB, 1986.

12. KATUŠIN-RAŽEM B., MATIĆ S., RAŽEM D., MIHOKOVIĆ V.

Microbial contamination of tea herbs and survival of
microorganisms in infusions.

Decontamination of tea herbs by irradiation.

(u štampi u J. Food Sci.)

OSEBNE DOZE IN EFEKTIVNI ZAŠČITNI FAKTORJI STAVB PRED ZUANJIM SEVANJEM DOLČANI S TL DOZIMETRI PO ČERNOBILSKI NESREČI

U.Miklavžič, M.Mihelič, E.Sosič, L.Trontelj in G.Dražič
Institut "Jožef Stefan", Univerza Edvarda Kardelja, Ljubljana, Jugoslavija

1. UVOD

Z namenom, da se določijo doze zunanjega sevanja in oceni efektivna vrednost zaščitnega faktorja zaradi zadrževanja v stavbah, so bili v obdobju prvega meseca po černobilski kontaminaciji, razdeljeni dozimetri skupini sodelavcev IJS, ki profesionalno v tem času ni bila izpostavljena umetnim virom sevanja. Za skupino, ki je dobila navodilo, da nosi s seboj dozimetre 24 ur dnevno, se je sodilo, da zaradi dobre seznanjenosti s stanjem, upošteva priporočilo o zmanjšanju gibanja na prostem. Prejete doze te skupine v različnih obdobjih po nesreči so primerjane z dozami, ki so bile izmerjene v okolju s TL dozimetri, merilniki doz in ocenjene iz useda.

2. METODA

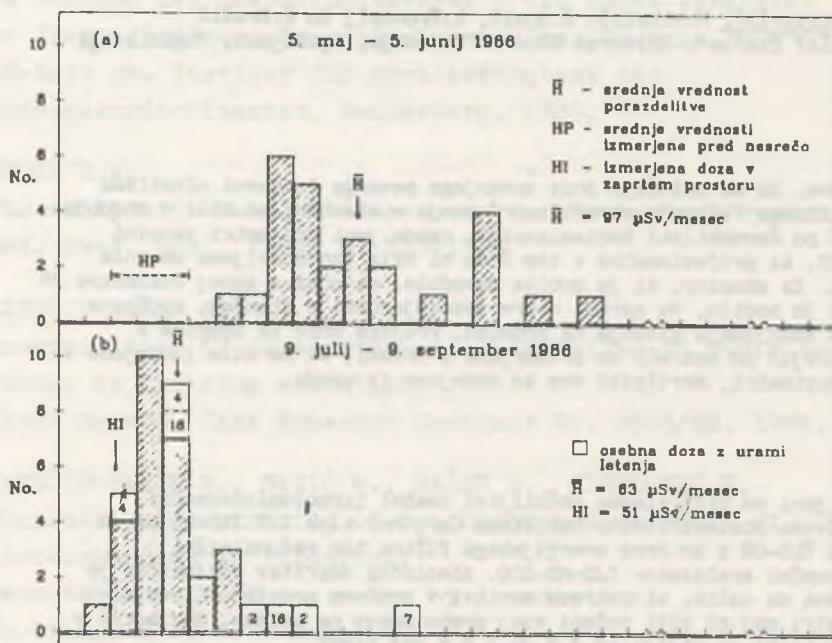
Uporabljeni so bili visoko občutljivi osebni termoluminescenčni dozimetri z dvema dozimetričnima tabletama $\text{CaF}_2(\text{Mn})$ tipa IJS TLD-05 oz. 4 tabletami IJS TLD-08 z in brez energijskega filtra ter računalniški termoluminescenčni analizator IJS-MR-200. Absolutna umeritev dozimetrov je bila opravljena na način, ki ustreza meritvi v zračnem prostoru (free air). Osebni dozimetri naj bi bili nošeni vsaj preko dneva na telesu, dozimetri v okolju pa so viseli na višini od 1 m do 1,5 m nad tlemi.

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

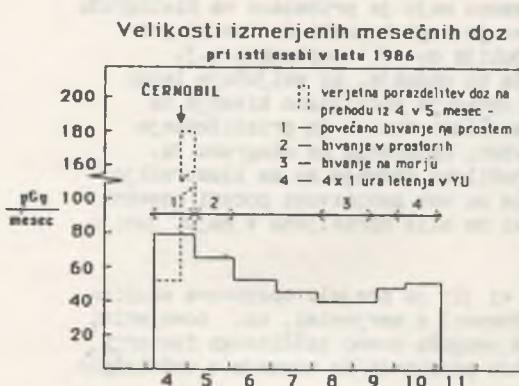
Porazdelitev doz testne skupine v mesecu maju je prikazana na histogramu 1a. Na histogramu 1b je porazdelitev, ki so jo registrirali dozimetri pri približno isti skupini sodelavcev od 10. julija do 10. septembra t.j. približno 2,5 do 4,5 mesecev po nesreči. Za to obdobje, ki vključuje letni dopust sodelavcev, lahko domnevamo, da ga označuje podaljšano bivanje na prostem. Opazen je znaten padec prejetih mesečnih doz od in približevanje predčernobilskim vrednostim za doze v stavbah, označenim na diagramu 1a. Mesečne doze posameznika za celotno počernobilsko obdobje so za ilustracijo prikazane v histogramu sl. 2. V tabeli 1 pa so kot zanimivost podani posebni primeri meritev doz v zvezi s potovanji, ki so bila opravljena v maju, juniju in juliju.

Primerjava doz registriranih s TLD, ki jih je prejela opazovana skupina v mesecu maju (povprečna vrednost 100 uSv/mesec) z merjenimi, oz. ocenjenimi hitrostmi doz na prostem v tem mesecu, nam omogoča oceno zaščitnega faktorja, ki je rezultat večjega zadrževanja v zaprtih prostorih in bivanja v večetažnih mestnih hišah.

OSEBNE DOZE IZMERJENE S TLD
PO ČERNOBILSKI NESREČI



Sl. 1. Porazdelitev mesečnih vrednosti doz sevanja gama izmerjenih s TLD merilnikom IJS MR-200



Sl. 2. Velikosti izmerjenih mesečnih doz.

Tabela 1

Primer sredstvo, čas,datum	Opis potovanja	Celoten obsevni čas (dnevi)	Prejeta doza hitrost doze (uGy)	Povprečna št. (uGy/mes)
1	Moskva - letalo 10 dni: 13/5-10/7-86	57	515	271
2	Minsk - letalo 10 dni: 20/5-25/6-86	35	198	170
3	Minsk - letalo 5 dni: 20/5-25/6-86	35	140	120
4	Poljska - letalo 10 dni: 20/5-13/6-86	23	84	110
5	Poljska - avto 3 dni: 13/6-23/6-86	10	83	250
6	Moskva - avto 10 dni: 13/6-10/7-86	27	61	68
7	Moskva - letalo 7 dni: 20/6-2/7-86	12	732	1830
8	Moskva - letalo 14 dni: 20/6-10/7-86	20	587	880
9	Lisbona - avto 5 dni: 8/7-23/7-86	15	39	77
10	Lisbona - avto 5 dni: 8/7-23/7-86	15	36	72
11	Norveška - letalo 14 dni: 11/7-10/9-86	59	169	86
12	Evropa (102 uri) *stevardesa* 11/7-10/9-86	59	167	85

Povprečna mesečna doza, ki jo je kazalo 200 dozimetrskih tablet (50 krajev) v Brežiško-krškem polju (1) v 5. in 6. mesecu, preračunana v razmerju z monitorji izmerjenih povprečnih doznih hitrosti v obeh mesecih (2,34), nam da oceno majske mesečne doze ob skoraj 30 % lokalnih fluktuacijah 420 ± 120 uSv/mesec. To vrednost velja primerjati s predcernobilsko 49 ± 6 uSv/mesec in vrednostjo v zadnjem trimesečju leta 1986. 77 ± 16 uSv/mesec. Upoštevaje, da je bil v Ljubljani izmerjen used glavnih radionuklidov približno za 20 % višji kot v Brežiško-krškem polju dobimo oceno, doze zunanjega sevanja, v Ljubljani

okoli 500 uSv/mesec. Ta vrednost se dobro ujema s povprečno mesečno dozno hitrostjo 600 uSv/mesec, ki jo je kazal monitor Berthold LB 133 na prostem v Ljubljani in tudi z računsko oceno spodne meje dozne hitrosti, izpeljano zgolj na prispevkih žarkov gama glavnih polutantov iz useda 270 uSv/mesec (2).

4. ZAKLJUČEK

Iz navedenih podatkov lahko ocenimo, da leži verjetna vrednost faktorja zaščite pri 4,5, to j. da se je za ta faktor znižala doza pri ljudeh, ki so imeli v tem času podobne življenjske navade kot opazovana skupina, v primerjavi z dozo, ki bi jo dobili, če bi živelii 24 ur dnevno na prostem, oz. v slabo zaščitenih prostorih (n.pr. lesenih barakah, šotorih). Pri izmerjenih dozah potnikov z letali ni izključen prispevek mehkih rentgenskih žarkov, ki so posledica letaliških pregledov z rentgenskimi napravami, k merjeni zunanjim dozi. V tej smeri kaže tudi registracija relativno nizkih doz pri stevardesi, ki očitno ni podvržena takim pregledom, kot tudi dokaj različne doze pri osebah, ki so potovale z letali v histogramu 1b. V splošnem lahko tudi ugotovimo, da so se dozimetri IJS TLD-05 in 08 obnesli kot zelo občutljivo in zanesljivo in enostavno sredstvo, za osebno dozimetrijo in dozimetrijo v okolju.

ABSTRACT

In order to estimate effective indoor shielding factors for external gamma radiation after Černobil accident, personal doses were monitored in a selected group of employes utilizing high-sensitive $\text{CaF}_2(\text{Mn})$ thermoluminescent dosimeters IJS TLD-05. During the first month after the accident the group which minimized its outdoor activities and lived predominantly in multistoreyed houses achieved dose reduction factor 1/4,5. The outdoor doses measured with TLD during the year and personal doses received during various travels to eastern Europe are also discussed.

LITERATURA

- Meritve radioaktivnosti v okolini Nuklearne elektrarne Krško:
(1) Porocilo za leto 1986, IJS DP-4705, Ljubljana, april 1987
(2) Porocilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu, IJS DP-4343, oktober 1986

S A D R Ž A J

Strana

1. Sekcija: RADIOEKOLOGIJA	
1. Zarić M.:	
PETOGODIŠNJI RAD (1981-1985) NA PROJEKTU "IS- TRAŽIVANJE ZAŠTITE OD JONIZUJUĆEG I NEJONIZU- JUĆEG ZRAČENJA"	7
2. Cesar D., Kovač J., Bauman A.:	
DONJE GRANICE MJERENJA NEKIH RADIONUKLIDA U ODNOSU NA ZAKONSKE PROPISE	11
3. Kužnik B.:	
REDNI NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO	14
4. Južnič K., Fedina Š.:	
PORAZDELITEV Sr-90 IN Sr-89 V OKOLJU	18
5. Saračević L.:	
STRONCIJUM-90 U TLU NEKIH OBLASTI B i H	22
6. Maračić M., Cesar D., Bauman A., Sokolović E.:	
UKUPNI I TOPIVI CEZIJ U TLU	26
7. Bikit I., Slivka J., Škrbić Ž., Čonkić Lj., Terzić M.:	
SNIŽAVANJE GRANICE DETEKCIJE RADIONUKLIDA KOMPRESIJOM UZORAKA IZ PRIRODE	30
8. Barišić D., Lulić S., Vertačnik A.:	
MOGUĆI UDIO PROCESA SUHOG TALOŽENJA (DRY DEPOSITION) U RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI PODLOGE	34

	Strana
9. Marković P., Nikezić D., Ristić D.: MERENJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE U ZATVORE- NIM PROSTORIJAMA	42
10. Brajnik D., Korun M., Martinčić R., Pucelj B.: NEKATERI ZANIMIVI REZULTATI ČERNOBILSKE KO- NTAMINACIJE	45
↓	
11. Hajdušović D., Vuković M.: SPOLJAŠNJA IZLOŽENOST POPULACIJE U SR SRBI- JI RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI NAKON AKCI- DENTA U ČERNOBILU	49
12. Veličković D., Mirić I., Petrović D.: EFIKASNOST DETEKCIJE POLIKARBONATNIH FO- LIJA MAKROLONA 2800 NA FISIONE FRAGMENTE ..	53
13. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Korenika Dž., Dvornik I.: MJERENJE DOZA ZRAČENJA U SR HRVATSKOJ	56
14. Brajnik D., Korun M., Martinčić R., Pucelj B.: KONTAMINACIJA OKOLJA V SR SLOVENIJI PO ČER- NOBILSKI NESREĆI	64
15. Pucelj B.: KONTAMINACIJA OKOLJA Z RADIOAKTIVNIMI SNOV- MI: NUKLEARNE EKSPLOZIJE - ČERNOBILSKA NE- SREĆA	68
16. Kanduć M., Križman M., Kuhar B., Jeršić A.: OCENA DOZ PREBIVALSTVA SR SLOVENIJE PO JEDRSKI NESREĆI V ČERNOBILU	72

Strana

17. Barišić D., Košutić K., Kvastek K., Lulić S., Tuta J., Vertačnik A., Vrhovac A.: PROCENA KONTAMINACIJE PODRUČJA SR HRVATSKE PUTEM RADIOAKTIVNIH OBORINA KAO POSLJEDICA NESREĆE U NE "LENIN"	77
18. Cesar D., Novaković M., Cerovac H., Bauman A.: USPOREDBA EKSPOZICIJSKIH DOZA IZMJERENIH TERMOLUMINISCENTNIM DOZIMETRIMA U SR HRVATSKOJ U 1986. GODINI I RANIJIH GODINA	83
19. Fazlić Š., Morina H., Rečica F.: JAĆINE EKSPOZICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA NA ČITAVOJ TERITORIJI SAP KOSOVO IZMERENE PO- SLE ČERNOBILJSKOG NUKLEARNOG AKCIDENTA ...	87
20. Fazlić Š., Morina H., Rečica F.: DNEVNE MAKSIMALNE JAĆINE EKSPOZICIONIH DOZA GAMA-ZRAČENJA IZMERENE NA PARKU DMR - - OBILIĆ U VREMENU OD 01.05.1986. DO 31.12.1986. GODINE	91
21. Brnović R., Vukotić M., Mijatović Lj., Hajduković D.: INTERNA IZLOŽENOST RADIOAKTIVNOJ KONTAMINACIJI STANOVNIŠTVA U SR SRBIJI PUTEM IS- HRANE POSLE ČERNOBILSKЕ HAVARIJE	95
22. Đurić G., Popović D., Petrović B.: ODNOSI NEKIH BIOLOŠKI ZNAČAJNIH RADIONUKLIDA U MESU	99

	Strana
23. Lokobauer N., Bauman A., Kurtanjek Ž.: PROGNOSTIČKI MODELI ZA PROCJENU AKTIVNOSTI ^{90}Sr I ^{137}Cs U LANCU LJUDSKE PREHRANE	103
24. Kovač J., Cesar D., Bauman A.: KRETANJE RADIOAKTIVNOG CEZIJA U MESU	107
25. Draganović B., Mićić G., Stanković S.: PRIMENA NEKIH TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA U DE-KONTAMINACIJI JAGNJEĆEG MESA	111
26. Horšić E., Milošević Z., Kljajić R., Samek D.: KOMPARATIVNI PRIKAZ NIVOA RADIOAKTIVNOSTI ANIMALNIH PROIZVODA NEKIH PROIZVODNIH PODRUČJA U B i H ZA 1985. - 1986. GODINU ..	115
27. Miklavžič U., Korun M., Žele M., Fedina Š., Južnič K., Brajnik D.: PRISOTNOST ČERNOBILSKIH KONTAMINATOV V PREHRAMBENI VERIGI V JESENI 1986. LETA NA BREŽIŠKO-KRŠKEM PODROČJU	119
28. Horšić E., Kljajić R., Milošević Z., Samek D.: KRETANJE RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE PELUDA I MEDA SA ŠIREG PODRUČJA SARAJEVA	123
29. Samek D., Marić S., Kljajić R., Horšić E.: NEKI KRATKOŽIVEĆI RADIONUKLIDI U UZORCIMA TRAVE I LISNATOG POVRCΑ NA ŠIREM PODRUČJU SARAJEVA NAKON HAVARIJE U ČERNOBILU	127

30. Križman M., Kanduč M.:	
SPREMLJANJE RADIOAKTIVNE KONTAMINACIJE TRAVE PO JEDRSKI NEZGODI V ČERNOBILU	131
31. Mijatović Lj., Brnović R., Vukotić M.:	
RADIOAKTIVNOST REČNIH VODA NA TERITORIJI SR SRBIJE NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU	134
32. Čonkić Lj., Bikit I., Slivka J., Vesković M.:	
ANALIZA MOGUĆNOSTI BRZOG, PRECIZNOG ODRE- DIVANJA Cs-134 I Cs-137 U VODAMA	138
33. Nikezić D., Marković P., Kostić D., Milo- jević S.:	
MERENJE UKUPNE BETA AKTIVNOSTI OTPADNIH VODA U REGIONU ŠUMADIJE I POMORAVLJA	142
34. Krajcar-Bronić I., Obelić B., Srdoč D., Hernaus E.:	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI TRICIJA U OBORI- NAMA I VODOVODNOJ VODI U SJEVEROZAPADNOJ HRVATSKOJ NAKON AKCIDENTA U ČERNOBILU	146
35. Drndarski N.:	
MODELIRANJE TRANSFERA I BIOAKUMULACIJE RA- DIONUKLIDA PRI NAVODNJAVANJU	150
36. Radovanović R. G., Džambasević M.:	
JONSKO STANJE VAZDUHA U RADONSKIM BANJAMA .	154
37. Planinić J.:	
SEZONSKE VARIJACIJE ATMOSFERSKOG RADONA U OSIJEKU	158

Strana

38. Brajnik D., Korun M., Miklavžič U.:	
IMISIJSKE KONCENTRACIJE I-131 V ZRAKU V SR SLOVENIJI V MARCU 1987	162
39. Kljajić R., Horšić E., Milošević Z., Mi- halj A.:	
UPOREDNA ANALIZA GAMA FONA U TOKU 1985.- -1986. GODINE U NEKIM OBLASTIMA BOSNE	164
40. Marović G., Bauman A.:	
RADIOAKTIVNOST TERMOELEKTRANA NA UGLJEN	168
41. Orlić M., Glišović D.:	
AKCIDENT U ČERNOBILU I ŠVEDSKA	172
42. Erman R.:	
DEKONTAMINACIJA ORODJA IN OPREME S POMOČJO ULTRAZVOČNE KOPELI V NE KRŠKO	176
43. Križman M., Kanduč M.:	
IZPOSTAVLJENOST NA DELOVNIH MESTIH PRI TEH- NOLOŠKO POVIŠANIH IZVORIH NARAVNE RADIOAK- TIVNOSTI - PRI PREDELAVI FOSFATOV	180
44. Martinčić R., Pucelj B.:	
UKREPANJE V SR SLOVENIJI PO ČERNOBILSKI NE- SREĆI	183
2. Sekcija : NUKLEARNA ENERGETIKA I ZAŠTITA	
45. Dvornik I., Vekić B.:	
PREVENTIVA NUKLEARNIH AKCIDENATA - ODGOVOR- NOST ZAŠTITE OD ZRAČENJA U NUKLEARNOJ ENER- GETICI	191

46. Despotović R.:	
POSTROJENJA NUKLEARNOG GORIVNOG KRUGA I KONVENCIONALNI SISTEMI ZA PROIZVODNju ENERGIJE U OKOLISU	197
47. Antić D., Riznić J., Maršičanin B.:	
UPOREDNA ANALIZA ZAGADENJA OKOLINE OD NUKLEARNE ELEKTRANE I TERMOELEKTRANE	201
48. Subotić B., Lavašić Z.:	
MOGUĆNOST TRETMANA NISKO- I SREDNJE-RADIO- AKTIVNIH TEKUĆIH EFLUENATA IZ NUKLEARNE E- LEKTRANE KRŠKO KOMBINIRANIM METODAMA	205
49. Filipović-Vinceković N., Mašić N., Brečević Lj., Hlady V., Škrtyć D.:	
GEOKEMIJSKI ASPEKT ODLAGALIŠTA RADIOAKTIV- NOG OTPADA	209
50. Škrtyć D., Brečević Lj.:	
O ULOZI TOPLJIVOSTI U GEOKEMIJSKOJ KARAKTE- RIZACIJI ODLAGALIŠTA RADIOAKTIVNOG OTPADA. STAJALIŠTE FIZIKALNOG KEMIČARA - PREGLED A- NALITIČKIH METODA	213
51. Hlady V., Mašić N., Filipović-Vinceković N.:	
SORPCIJA RADIONUKLIDA U SVIJETLU ODABIRA OD- LAGALIŠTA RADIOAKTIVNOG OTPADA: INSTRUMEN- TARIJ ZA ANALIZU, PROBLEMI I EKSPERIMENTALNE METODE	217
52. Bronić J., Subotić B.:	
UKLANJANJE RADIOIZOTOPA CEZIJA IZ OTOPINA PO- MOĆU GRANULIRANOG SINTETSKOG MORDENITA	221

53. Lazić S., Vuković Ž.: SORPCIONE KARAKTERISTIKE AMORFNOG KALCIJUM FOSFATA	225
3. Sekcija: RADIOTOKSIKOLOGIJA	
54. Milošević Z., Kljajić R., Selak I., Horšić E., Marković Z.: PATOMORFOLOŠKE PROMJENE NA KOŽI SVINJA AKUT- NO OZRAČENIH VISOKOENERGETSKIM X ZRAČENJEM .	231
55. Milovanović A., Tanasijević D., Cvetković M., Čosić M., Čizmić S.: ZAŠTITNO DEJSTVO WR-2823 U OZRAČENIH MIŠEVA	234
56. Milovanović A., Cvetković M., Tanasijević D.: ZAŠTITNO DEJSTVO GAMAFOSA (WR-2721) U SVINJA OZRAČENIH LETALNIM DOZAMA GAMA ZRAKA	238
57. Gruden N., Mataušić S.: UTJECAJ ŽELJEZOM OBOGAĆENOG MLJEKA NA ME- TABOLIZAM ⁸⁵ Sr U MLADIH ŠTAKORA	242
58. Tanasijević D., Milovanović A., Cvetković M.: UTICAJ GAMA ZRAČENJA NA SADRŽAJ MONOAMINA U MOZGU PACOVA	246
59. Cvetković M., Milovanović A., Tanasijević D.: UTICAJ ZRAČENJA NA DEJSTVO NARKOANALGETIKA U MIŠA	250
60. Šimpraga M., Miljanić S., Božičković P., Capak D., Emanović D., Kraljević P.: KRETANJE AKTIVNOSTI ALKALNE FOSFATAZE I KON- CENTRACIJE NEKIH MINERALA U KRVNOJ PLAZMI PASA SA ZDRUŽENIM RADIJACIJSKIM OZLJEDAMA ..	254

61. Emanović D., Božičković P., Kraljević P., Gomerčić H.: UTJECAJ RADIOAKTIVNOG FOSFORA ^{32}P NA KON- CENTRACIJU NATRIJA I KALIJA U KRVNOJ PLAZ- MI PILICA	258
62. Kraljević P., Križanović D., Emanović D., Gomerčić H.: ELEKTROFORETSKE FRAKCIJE BJELANČEVINA U KRVNOJ PLAZMI PILICA NAKON UNUTRAŠNJE KON- TAMINACIJE RADIOAKTIVnim FOSFOROM ^{32}P	262
63. Vertačnik A.: PONAŠANJE ^{103}Ru , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{140}\text{Ba-La}$ U ORGANIZMU KUNICA	266
64. Kargačin B., Kostial K.: UTJECAJ KELATOGENE TERAPIJE (DTPA) NA SMA- NJENJE RETENCIJE ^{141}Ce U ŠTAKORA	270
65. Landeka M., Kostial K., Kargačin B.: PREHRAMBENI DODACI KAO METODA ZA SNIŽENJE APSORPCIJE RADIOCERA U MLADIH ŠTAKORA	273
4. Sekcija: MEDICINSKO-BIOLOŠKA ZAŠTITA	
66. Odavić M., Pejušković B., Milićević S., Durakić D.: OSOBENOSTI I ORGANIZACIJA ZBRINJAVANJA KON- TAMINOVANIH OSOBA U VOJNOMEDICINSKOJ AKADE- MIJI U BEOGRADU	279

Strana

67. Milivojević K., Ubović Ž., Trajković M., Stojanović D., Stojanović P. M.: BRZA DETEKCIJA INTERNE KONTAMINACIJE HUMANE POPULACIJE POSLE NUKLEARNE HAVARIJE U ČER- NOBILJU	287
68. Stojanović D., Milivojević K., Marković S., Tiosavljević S.: EKSTERNA HUMANA DEKONTAMINACIJA - NAŠA IS- KUSTVA POSLE ČERNOBILJSKOG AKCIDENTA	291
69. Ćremošnik-Pajić P., Savić M., Pece R., Strugar J.: PRIKAZ NEKIH ELEMENATA ZDRAVSTVENOG STANJA PREGLEDANIH TURISTA NAKON AKCIDENTA U ČERNO- BILU	295
70. Milačić S., Dodić S., Joksić G., Tasić Ž.: PRIKAZ NEKIH ELEMENATA ZDRAVSTVENOG STANJA IZLOŽENIH GRUPA U VEZI ČERNOBILJSKOG AKCI- ENTA	299
71. Brajnik D., Korun M., Martinčić R., Pucelj B.: MERITVE IN VIVO I-131 V ČLOVEŠKI ŠČITNICI ..	303
72. Vračarić Lj., Stojanović D., Trajković M.: PRIKAZ OBOLJENJA ŠTITASTE ŽLEZDE KOD RADNI- KA PROFESIONALNO EKSPONIRANIH JONIZUJUĆEM ZRAČENJU	306
73. Savić M., Ćremošnik-Pajić P.: STANJE PERIFERNIH KRVNIH SUDOVA U RADNIKA IZLOŽENIH JONIZUJUĆEM ZRAČENJU	310

74. Ranogajec-Komor M., Korenika Dž., Vida-ković Z., Hebrang A.: IZLOŽENOST ZRAČENJU BOLESNIKA I OSOBLJA PRI SNIMANJU POMOĆU RENDGENSKE KINO KAMERE	317
75. Džambasević M., Tomašević M., Radovanović R.: KONCENTRACIJA LAKIH JONA U VAZDUHU RENDGEN-KABINETA POD USLOVIMA RENDGEN SNIMANJA PACIJENATA	322
76. Borojević K.: INDUCIRANE MUTACIJE I ADAPTACIJA	325
77. Kubelka D., Horvat D., Lakovski A.: PROFESIONALNA IZLOŽENOST ZRAČENJU TOKOM REDOVNOG SERVISA NUKLEARNE ELEKTRANE	331
78. Joksić G., Marković B., Panov D., Milačić S.: HROMOZOMSKE ABERACIJE U LICA IZLOŽENIH POVEĆANOJ KONCENTRACIJI RADIONUKLIDA U ŽIVOTNOJ SREDINI	335
79. Hasanbašić D., Kljajić R., Milošević Z.: KOMPARATIVNI PRIKAZ HROMOZOMSKIH ABERACIJA KOD POLULETALNO OZRAČENIH KOZA NEŠTIĆENIH I ŠTIĆENIH CISTAFOSOM	339
80. Žunić Z., Horvat D., Radotić N., Milić O., Dujić I., Bek-Uzarov D.: PROMENE HROMOZOMA U OSOBA IZLOŽENIH TEHNO-LOŠKI POVIŠENOJ RADIOAKTIVNOSTI	343
81. Deanović Ž., Miljanic S.: ZAŠTITNA MOĆ GAMAFOSA ($1/3 LD_{50}$) U LETALNO OZRAČENIH ŠTAKORA	347

82. Cvetković M., Milovanović A., Tanasijević D.:	
EFEKTI NEKIH NEUROVEGETATIVNIH LEKOVA NA IZOLOVANO PERFUNDOVANO SRCE OZRAČENIH PACOVA	351
83. Košutić D., Tomašević M., Džambasević M.:	
KORIŠĆENJE RENDGEN APARATA U SVETLU NOVIH ZAKONSKIH PROPISA	355
84. Majski-Cesarec S.:	
MOGUĆNOST PREVENCIJE I ZAŠTITE ZDRAVSTVENIH RADNIKA EKSPOZIRANIH IONIZACIJSKOM ZRAČENJU	358
5. Sekcija: NEJONIZUJUĆA ZRAČENJA	
85. Goldoni J.:	
EPIDEMIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA UČINAKA PROFESIONALNE IZLOŽENOSTI RADIO-VALNOM ZRAČENJU ...	365
86. Simonović J., Jeremić M.:	
OSNOVNE NORME ZA IZLAGANJE ULTRAZVUKU U VAZDUHU	369
87. Milićević S., Antonić M., Simonović J.:	
OPŠTE DEJSTVO ULTRAZVUKA PRI TERAPIJSKOJ PRIMENI	373
88. Jeremić M., Simonović J.:	
GRANICE IZLAGANJA ZA NEKOHERENTNO INFRACRVENO ZRAČENJE I MERE ZAŠTITE	377
89. Garaj-Vrhovac V., Horvat Đ., Koren Z., Račić J.:	
DJELOVANJE MIKROVALNOG ZRAČENJA NA GENOM LJUDSKIH LIMFOCITA	380

90. Alunić Lj., Silić N.:	UTJECAJ MIKROVALNOG ZRAČENJA NA CE LNI NERVNI SISTEM POMORACA U RATNOJ MORNARICI ..	384
91. Janković-Zagorčić A., Todorović D.:	UTICAJ AKUTNOG I HRONIČNOG OZRAČIVANJA OKA DOMAČIH ŽIVOTINJA HELIJUM-NEONSKIM LASEROM ..	388
92. Milićević S., Nanušević N., Marjanac A.:	GENETSKI EFEKTI LASERSKOG ZRAČENJA	391
93. Brumen-Mahović V., Horvat D., Garaj-Vrhovac V., Kubelka D., Račić J.:	KAPILAROSKOPSKE PROMJENE U RADNIKA PROFESIONALNO IZLOŽENIH NEIONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU ...	395
94. Simonović J., Jeremić M.:	OSNOVNI PRINCIPI ZAŠTITE OD NEKOHERENTNOG UV ZRAČENJA	399
95. Dordević Z., Kosanović D.:	NOVA METODA ZAŠTITE PEJSMEJKERA OD SPOLJNE ELEKTROMAGNETSKE INTERFERENCIJE	403
96. Novaković M.:	MJERENJE RAZINE ZRAČENJA I PROCJENA OPASNOSTI KOD KRATKOVALNE RF I MIKROVALNE MEDICINSKE DIJATERMIJE	406
97. Pišl N.:	POGREŠKE MJERENJA I BAŽDARENJE INSTRUMENATA ZA MJERENJE INTENZITETA RADIOFREKVENCIJSKOG I MIKROVALNOG ZRAČENJA	410

Strana

98. Durek M., Goldoni J.:
 REGISTAR OSOBA PROFESIONALNO IZLOŽENIH RA-
 DIO-VALNOM ZRAČENJU 414

99. Šarić A., Goldoni J.:
 ZDRAVSTVENI UČINCI RADA S VIDEO-TERMINALIMA 418

6. Sekcija: DOZIMETRIJA

100. Spasić V., Paligorić D., Novković D.:
 OBEZBEDENJE MERNOG JEDINSTVA U OBLASTI ME-
 RENJA RADIOAKTIVNOSTI 425

101. Spasić V., Mirić I.:
 OBEZBEDENJE MERNOG JEDINSTVA U OBLASTI DO-
 ZIMETRIJE ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA 429

102. Koturović A., Kosić P.:
 KARAKTERISTIKE I MOGUĆNOSTI MONITORA KONTA-
 MINACIJE RMK-10 433

103. Starić M., Stanovnik A., Miklavžič U.:
 RAZVOJ DOMAČEGA VEČŽIČNEGA DETEKTORJA RA-
 DIOAKTIVNE ONESNAŽENOSTI 438

104. Avdić S., Pešić M., Antić D., Šokčić-Kos-
 tić M.:
 ODREDIVANJE EKSPOZICIONE DOZE GORIVNIH SEG-
 MENATA REAKTORA RB NA OSNOVU -EMISIONOG
 γ -SPEKTRA 442

105. Tomašević M., Košutić D.:
 KONTROLA RENDGENSKOG ZRAČENJA KOD COLOR KA-
 TODNIH CEVI 446

106. Šutej T., Ilić R.:	
DOLOČANJE RADONA V ZRAKU Z DETEKTORJI JEDRSKIH SLEDI	449
107. Vojvodić I. V.:	
UČEŠĆE NEUTRONSKE DOZE U UKUPNOJ DOZI PINE PRI EKSPLOZIJAMA NEUTRONSKOG ORUŽJA	453
108. Ristić D., Vučović S., Marković P.:	
SLABLJENJE ŠIROKOG SNOPA X-ZRAČENJA U SI- LIKATNOM STAKLU I ODREDIVANJE POLUDEBLJINE ZA NAPONE 50 DO 150 KV	457
109. Džambasević M., Tomašević M.:	
KONCENTRACIJA LAKIH JONA U VAZDUHU RENDGEN KABINETA POD USLOVOM RENDGEN PROSVETLJAVA- NJA PACIJENATA	461
110. Šokčić-Kostić M., Pešić M., Antić D., Strugar P.:	
NEUTRONSKE DOZE U POLJIMA BRZIH NEUTRONA NA REAKTORU RB	464
111. Simović R., Marinković N.:	
VERIFIKACIJA ZAŠTITNIH SVOJSTAVA BETONA ...	468
112. Plećaš I., DrIjača J., Perić A., Kostadi- nović A.:	
PREDLOG KONSTRUKCIJE I TEHNIČKI PODACI AR- MIRANO BETONSKOG KONTEJNERA ZA PAKOVANJE RADIOAKTIVNOG MATERIJALA	472
113. Dobrijević R., Tubić M.:	
TEHNIKA IZRADA I KONTROLA KVALITETA ZATVO- RENIH RADIOAKTIVNIH IZVORA ZRAČENJA	476

114. Tomljenović I.:	
UTVRDIVANJE HOMOGENOSTI SNOPA DOBIJENOG OD GAMA IZVORA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA	482
115. Ninković M. M., Glodić S., Raičević J. J.:	
ANALIZA EKSPOZICIONIH DOZA NA TERITORIJI BEOGRADA U POST-ČERNOBILSKIM USLOVIMA	486
116. Kovačević M., Mirić I., Veličković D.:	
ODREDIVANJE FAKTORA SLABLJENJA X ZRAČENJA U VAZDUHU ZA NAPONE OD 50 kV DO 250 kV	493
117. Kovačević M., Krmpotić D., Mirić I.:	
DOZIMETRIJSKE KARAKTERISTIKE UREDAJA ZA IS- PITIVANJE I KALIBRACIJU DOZIMETARA U POLJI- MA GAMA ZRAČENJA	497
118. Ranogajec-Komor M., Vekić B., Korenika Dž.:	
TERMOLUMINESCENCIJA OZRAČENIH NAMIRNICA ...	501
119. Miklavžič U., Mihelić M., Sosić E., Tron- telj L., Dražić G.:	
OSEBNE DOZE IN EFEKTIVNI ZAŠČITNI FAKTORJI STAVB PRED ZUNANJIM SEVANJEM DOLOČANI S TL DOZIMETRI PO ČERNOBILSKI NESREČI	509

INDEKS AUTORA

Alunić Lj.	<u>384</u>
Antić D.	<u>201</u> , 442, 464
Antonić M.	<u>373</u>
Avdić S.	<u>442</u>
Barišić D.	<u>34</u> , <u>77</u> ,
Bauman A.	11, 26, 83, 103, 107, 168
Bek-Uzarov D.	<u>343</u>
Bikit I.	<u>30</u> , 138
Borojević K.	<u>325</u>
Božičković P.	254, 258
Brajnik D.	<u>45</u> , <u>64</u> , 119, <u>162</u> , <u>303</u>
Brečević Lj.	<u>209</u> , 213
Brnović R.	<u>95</u> , 134
Bronić J.	<u>221</u>
Brumen-Mahović V.	<u>395</u>
Capak D.	254
Cerovac H.	<u>83</u>
Cesar D.	<u>11</u> , 26, <u>83</u> , 107
Cvetković M.	234, 238, 246, <u>250</u> , <u>351</u>
Čizmić S.	<u>234</u>
Čonkić Lj.	<u>30</u> , <u>138</u>
Čremošnik-Pajić P.	<u>295</u> , 310
Čosić M.	234
Deanović Ž.	<u>347</u>
Despotović R.	<u>197</u>
Dobrijević R.	<u>476</u>
Dodić S.	299
Draganović B.	<u>111</u>

Dražić G.	509
Drljača J.	472
Drndarski N.	150
Dvornik I.	56, <u>191</u>
Dordević Z.	<u>403</u>
Duić I.	343
Đurakić D.	279
Durek M.	<u>414</u>
Đurić G.	<u>99</u>
Džambasević M.	154, <u>322</u> , 355, <u>461</u>
Emanović D.	254, <u>258</u> , 262
Erman R.	<u>176</u>
Fazliu Š.	<u>87</u> , <u>91</u>
Fedina Š.	18, 119
Filipović-Vinceković N.	<u>209</u> , 217
Garaj-Vrhovac V.	<u>380</u> , 395
Glišović D.	172
Glodić S.	486
Goldoni J.	<u>365</u> , 414, 418
Gomerčić H.	258, 262
Gruden N.	<u>242</u>
Hajduković D.	<u>49</u> , 95
Hasanbašić D.	<u>339</u>
Hebrang A.	317
Hernaus E.	146
Hlady V.	<u>209</u> , <u>217</u>
Horšić E.	<u>115</u> , <u>123</u> , 127, 164, <u>231</u>
Horvat D.	<u>331</u> , 343, 380, 395
Ilić R.	449

- Janković-Zagorčić A. 388
Jeremić M. 369, 377, 399
Jeršić A. 72
Joksić G. 299, 335
Južnić K. 18, 119
- Kanduč M. 72, 131, 180
Kargačin B. 270, 273
Kljajić R. 115, 123, 127, 164, 231, 339
Koren Z. 380
Korenica Dž. 56, 317, 501
Korun M. 45, 64, 119, 162, 303
Kosanović D. 403
Kosić P. 433
Kostial K. 270, 273
Kostadinović A. 472
Kostić D. 142
Košutić D. 355, 446
Košutić K. 77
Koturović A. 433
Kovač J. 11, 107
Kovačević M. 493, 497
Krajcar-Bronić I. 146
Kraljević P. 254, 258, 262
Križanović D. 262
Križman M. 72, 131, 180
Krmpotić D. 497
Kubelka D. 331, 395
Kuhar B. 72
Kurtanjek Ž. 103
Kužnik B. 14
Kvastek K. 77

Lakovski A.	331
Landeka M.	<u>273</u>
Lavašić Z.	205
Lazić S.	<u>225</u>
Lokobauer N.	<u>103</u>
Lulić S.	34, 77
Majski-Cesarec S.	<u>358</u>
Maračić M.	<u>26</u>
Marić S.	127
Marjanac A.	391
Marinković N.	468
Marović G.	<u>168</u>
Marković B.	335
Marković P.	42, 142, 457
Marković S.	291
Marković Z.	231
Maršićanin B.	201
Martinčić R.	45, 64, <u>183</u> , 303
Mašić N.	209, 217
Mataušić S.	242
Mićić G.	111
Mihalj A.	164
Mihelić M.	509
Mijatović Lj.	95, <u>134</u>
Miklavžić U.	<u>119</u> , 162, 438, <u>509</u>
Milačić S.	<u>299</u> , 335,
Milić O.	343
Miličević S.	279, <u>373</u> , <u>391</u>
Milivojević K.	<u>287</u> , 291
Milojević S.	142
Milovanović A.	<u>234</u> , <u>238</u> , 246, 250, 351
Milošević Z.	115, 123, 164, <u>231</u> , 339
Miljanić S.	254, 347
Mirić I.	429, 53, 493, 497
Morina H.	87, 91

Nanušević N.	391
Nikezić D.	42, <u>142</u>
Ninković M. M.	<u>486</u> ,
Novaković M.	83, <u>406</u>
Novković D.	425
Obelić B.	146
Odavić M.	<u>279</u>
Orlić M.	<u>172</u>
Paligorić D.	425
Panov D.	335
Pece R.	295
Pejušković B.	279
Perić A.	472
Petrović B.	99
Petrović D.	53
Pešić M.	442, 464
Pišl N.	<u>410</u>
Planinić J.	<u>158</u>
Plećaš I.	<u>472</u>
Popović D.	99
Pucelj B.	45, 64, <u>68</u> , 183, 303
Račić J.	380, 395
Radotić N.	343
Radovanović R.	322
Radovanović R. G.	<u>154</u>
Raičević J. J.	486
Ranogajec-Komor M.	56, <u>317</u> , <u>501</u>
Rećica F.	87, 91
Ristić D.	42, <u>457</u>
Riznić J.	201

Samek D.	115, 123, <u>127</u>
Saračević L.	<u>22</u>
Savić M.	295, <u>310</u>
Selak I.	231
Silić N.	384
Simonović J.	<u>369</u> , 373, 377, <u>399</u>
Simović R.	<u>468</u>
Slivka J.	30, 138
Sokolović E.	26
Sosić E.	509
Spasić V.	<u>425</u> , <u>429</u>
Srdoč D.	146
Stanković S.	111
Stanovnik A.	438
Starč M.	<u>438</u>
Stojanović D.	287, <u>291</u> , 306
Stojanović P. M.	287
Strugar J.	295
Strugar P.	464
Subotić B.	<u>205</u> , 221
Šarić A.	<u>418</u>
Šimpraga M.	<u>254</u>
Škrbić Ž.	30
Škrtić D.	209, <u>213</u>
Šokčić-Kostić M.	<u>442</u> , <u>464</u>
Šutej T.	<u>449</u>
Tanasijević D.	234, 238, <u>246</u> , 250, 351
Tasić Ž.	299
Terzić M.	30
Tiosavljević S.	291
Tomašević M.	322, 355, <u>446</u> , 461
Tomljenović I.	<u>482</u>
Todorović D.	388
Trajković M.	287, 306

Trontelj L.	509
Tubić M.	476
Tuta J.	77
Ubović Ž.	287
Vekić B.	<u>56</u> , 191, 501
Veličković D.	<u>53</u> , 493
Vertačnik A.	<u>34</u> , 77, <u>266</u>
Vesković M.	138
Vidaković Z.	317
Vojvodić I. V.	453
Vračarić Lj.	<u>306</u>
Vrhovac A.	<u>77</u>
Vukotić M.	<u>49</u> , 95, 134
Vuković S.	457
Vuković Ž.	225
Zarić M.	<u>7</u>
Žele M.	119
Žunić Z.	<u>343</u>

XIV JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRAĆENJA

Novi Sad, 08 - 11. juna 1987.

o f g a n i z a t i o n

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
DRUŠTVO VOJVODINE ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

ORGANIZACIONES OBRERAS

P r e d s e d i k :

Č R E M O Š N I K - P A J I Č P A V L A

Podpredsednik: BIKIT ISTVAN *Sekretar:* TEODOROVIC SLOBODAN

C l a n o v i: ARDELJAN JON, HORVAT DJURDJA, HORŠIĆ EMILIJA,
KANDUČ MIRAN, KLINKO JAN, MIHAJLOV ALEKSANDAR,
MILOSAVLJEVIĆ RUŽICA, NIKOLIĆ DRAGAN, NINKOVIĆ
MARKO, OROSI LIVIJA, RADMILOVIĆ VUKAŠIN,
STOJANOVIĆ DRAGAN, STRUGAR JELKA, TODOROVIĆ NATALIJA

REAKCJONI ODBORU

P E T A R M U D R I N I Ć, predsednik

*Članovi: MARINKOV LAZAR, MARKOVIĆ PETAR,
MILOŠEVIĆ ZDRAVKO, SEKULIĆ STEVAN*