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

ZBORNIK RADOVA

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Neum, 28—31. maj 1991. godine

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

ZBORNIK RADOVA

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Neum, 28—31. maj 1991. godine

IZDAVAČ: JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Beograd, S. Penezića 35.

ODGOVORNI UREDNIK
Ranko Kljajić

Štampanje Zbornika pomagao je Savez Sizova nauke Jugoslavije i Republički javni Fond za nauku BiH

Štampa: DP »REPROGRAFIKA« Sarajevo, Ivana Krndelja 4 Za štampariju: IVAN GUBIĆ
Tiraž: 250 primjeraka

Sekcija 1. RADIOEKOLOGIJA

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZAŠTITE OD ZRACENJA
Neum, 28-31. maj 1991. godine

ORGANIZATORI:

Jugolsovensko društvo za zaštitu od zračenja
Društvo za zaštitu od zračenja BiH

ORGANIZACIONI ODBOR:

Anovski T., Bauman A., Čolaković B., Cremošnik-Pajić P., Djurić G., Fazlagić N., Hasanbašić D., Morina H., Peršić K., Pucelj B., Ristić Dj., Simić B.

SEKRETARIJAT:

Klajić R., Doko A., Sirbubalo M.

REDAKCIONI ODBOR:

Horvat Dj., Despotović R., Marković P., Milošević Z., Radovanović R.

STRUCNO-TEHNICKA ORGANIZACIJA:

UNIS-Tours Sarajevo

PRIMENA MODELA OBLAKA NA MODELOVANJE RADIOLOŠKOG UTICAJA TERMOELEKTRANA NA OKOLINU

Dragoljub Antić[1], Boško Telenta[2]

[1]Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča
[2]Savezni hidrometeorološki zavod - Beograd

SADRŽAJ:

Jedna dvodimenziona verzija modela oblaka je prilagođena potrebi analize transporta radionuklida kroz vazduh i primenjena za modelovanje radiološkog uticaja termoelektrane na ugalj na okolinu. Modelovano je kretanje radioaktivnog oblaka i određena je specifična aktivnost radionuklida na površini u okolini elektrane. Na bazi ovih proračuna je proračunata inhalaciona doza za odraslu osobu u okolini elektrane. Praćena je promena ove doze u zavisnosti od rastojanja i vremenskih prilika. Dat je i prikaz procene inhalacione doze za dugovremeno ispustanje radionuklida iz termoelektrane na ugalj.

1. UVOD

Male količine prirodnih radionuklida u uglju, koje potiču od uranijuma, torijuma, njihovih radioaktivnih potomaka i ^{40}K, se retko uzimaju u obzir kod analiza uticaja termoelektrana i toplana na okolinu. Uticaj hemijskih polutanata, prašine i gasova je znatno izraženiji od radiološkog uticaja, pa se radiološki uticaj najčešće pominje samo radi kompletiranja pregleda svih vidova uticaja na okolinu. Najčećše se za analizu radiološkog uticaja koriste jednostavni modeli za modelovanje dugovremenih ispustanja efluenata i na bazi njih se vrše procene doza. Procenjene doze su male i daleko su od vrednosti koje bi trebalo da budu razlog za uznemirenje. Ipak, ako se ove vrednosti uporede sa vrednostima doza u okolini nuklearnih postrojenja, lako se može zaključiti da se radi o uzajamno uporedljivim veličinama, a da je najčešće radiološki uticaj termoelektrane na ugalj veći od radiološkog uticaja nuklearne elektrane iste snage u normalnom radnom režimu. Zbog toga je pitanje modelovanje radiološkog uticaja termoelektrane na ugalj na okolinu značajno kod izrade komparativnih studija uticaja energetskih izvora na okolinu.

Ovaj rad, rađen u okviru projekta "Osnovna istraživanja vezana za korišćenje nuklearne energije" kod Fonda za nauku Srbije, sistematizuje neke od rezultata u okviru istraživanja problema modelovanja radiološkog uticaja energetskih izvora na okolinu, /1-3/. Modelovanje transporta radionuklida kroz vazduh je vršeno primenom modela oblaka, koji se u poslednje vreme koristi za modelovanje transporta radionuklida iz nuklearnih elektra-

na, a ovaj rad predstavlja jednu od njegovih prvih primena na analizu radiološkog uticaja termoelektrana na okolinu.

2. MODEL OBLAKA I NJEGOVA PRIMENA NA ANALIZU RADIOLOŠKOG UTICAJA TERMOELEKTRANE NA OKOLINU

Za modelovanje transporta radionuklida kroz atmosfersku sredinu iskorišćena je jedna dvodimenziona verzija modela oblaka, /4/. Model sadrži 10 prognostičkih jednačina: dve jednačine momenata, termodinamičku jednačinu i jednačinu pritiska, 4 jednačine kontinuiteta za vodeni sadržaj (odnosi vodene pare, vode u oblaku i leda u oblaku su tretirani jednom jednačinom kontinuiteta), koncentracija radionuklida i jednačina kinetičkih energija. Dvodimenzioni model razmatra horizontalni i vertikalni pravac. Horizontalni advekcioni član je računat korišćenjem razlika četvrtog reda, a vertikalni pravac korišćenjem razlika drugog reda.

Za modelovanje kretanja radioaktivnog oblaka je razmatran prostorni domen širine 35 km u horizontalnom pravcu i 12 km u vertikalnom pravcu. Korak mreže je uzet 1 km u horizontalnom pravcu i 0,5 km u vertikalnom pravcu. Vremenski korak za proračun je odabran 10 s za duži vremenski korak, a 2 s za kraći. Simulirano je ispuštanje radionuklida iz dimnjaka termoelektrane na visini od 200 m sa temperaturom od 200°C na izlazu iz dimnjaka. Za analizu uzet je realni skup meteorološki podataka za lokaciju u blizini Beograda. Ovi podaci obuhvataju sve potrebne podatke za modelovanje razvoja i kretanja oblaka, kao što su brzina i pravac vetra, vertikalni profil brzine vetra, vertikalni profil temperature prizemnog atmosferskog sloja, pritisci, vlažnost vazduha itd. Centar perturbacije je lociran na mestu sa koordinatama x_c = 6 km i z_c = 0,5 km i simuliran je proces formiranja oblaka, njegov razvoj i kretanje kroz posmatrani prostorni domen. Simulirano je kretanje radionuklida koji se ispuštaju iz dimnjaka termoelektrane, njegova interakcija sa oblakom i zajedničko kretanje, nastanak kiše i ispiranje radionuklida.

Za proračun je korišćen skup podataka za emisiju radionuklida iz jedne termoelektrane snage P = 1000 MWe na domaći lignit, sa godišnjom potrošnjom lignita od $m_{lig} = 6,83 \cdot 10^9$ kg/a i sa 5,8 ppm uranijuma, 8,2 ppm torijuma i 8000 ppm ^{40}K u lignitu. Pretpostavljeno je ispuštanje od 1% letećeg pepela, što je podatak za termoelektrane u razvijenom svetu (u slučaju naših elektrana bi bilo realno očekivati višu vrednost), /2/.

Ukupno vreme analize kretanja radioaktivnih nuklida u okolini termoelektrane u prisustvu oblaka je iznosilo 80 min. U tom intervalu je u centru perturbacije nastao oblak, koji se razvio i posle 20 min je "usisao" radioaktivnu perjanicu iz dimnjaka termoelektrane. U daljem toku se oblak kretao noseći sa sobom radionuklide, a posle oko 30 min od pocetka nastala je kiša i došlo je do ispiranja radionuklida. Proračunata je specifična aktivnost radionuklida na nivou površine po horizontalnom pravcu posmatranog prostornog domena. Korišćenjem potrebnih podataka iz literature, /6,7/, procenjene su inhalacione doze za odraslu osobu na površinskom nivou. Neki rezultati ovih proračuna su dati u Tabeli 1.

x /km/	t=20 min	t=40 min	t=60 min	t=80 min
0	0	0	0,25	1,00
2	0	0	0,65	1,35
4	0	0	4,20	2,60
6	9,55	0,01	0,05	2,70
8	2,60	0,30	2,10	5,10
10	6,45	1,75	1,90	5,70
12	3,10	8,40	2,30	5,20
14	3,70	2,25	3,00	13,10
16	0	0,10	8,90	9,50
18	1,00	20,50	3,50	3,00
20	0,15	0,50	0,45	0,75
22	0	0,20	0,20	0,10
24	0	0,01	0,20	0,10
26	0	0	0,05	0,05
30	0	0	00	0
34	0	0	0	0

Tabela 1. Inhalaciona doza za odraslu osobu /10^{-9}Sv/h/

Prostorna raspodela inhalacione doze u horizontalnom pravcu na površini je tokom posmatranog perioda jako varirala u zavisnosti od kretanja oblaka i kiše, tako da je u nekim tačkama doza dosta odstupala od ravnotežne vrednosti koja je u najvećoj meri uspostavljena posle 80 min od poćetka razvoja oblaka.

Dobijeni su veoma interesantni rezultati, koji ukazuju na veoma složene procese, a istovremeno pružaju potvrdu o velikim mogućnostima modela oblaka u primeni kod analiza kretanja radionuklida u okolini termoelektrana i uopšte energetskih izvora.

Navedeni primer modelovanja uticaja radionuklida iz termoelektrane na ugalj na okolinu je od interesa za sigurnosne analize, kada je veoma značajno predvideti mogućnost nepovoljnih kretanja radioaktivnih efluenata. Za dugotrajna ispuštanja radionuklida iz energetskih izvora, u razmatranom slučaju termoelektrane na ugalj, je od interesa procena godišnjih doza u zavisnosti od emisije radionuklida i srednjih godišnjih meteoroloških uslova. Za ovakve procene se najčešće koristi Gaussovski model perjanice sa usrednjavanjem po sektorima ruže vetrova. Model oblaka je takođe primenjen na analizu ovog problema. Za analizu je uzet isti slučaj emisije prirodnih radionuklida iz termoelektrane sa istim podacima. Prostorni domen je uzet 30 km u horizontalnom i 2,8 km u vertikalnom pravcu. Uzet je skup podataka o meteorološkim uslovima na istoj lokaciji, za neke procenjene parametre koji odgovaraju srednjim godišnjim vrednostima.

Proračun je izvršen sa prostornim korakom od 1 km u horizontalnom i 200 m u vertikalnom pravcu i sa istim vremenskim koracima kao u prethodnom slučaju. Slično prethodnom slučaju, određena je specifična

aktivnost radionuklida u tački maksimalne koncentracije niz vetar na površini (u odnosu na dimnjak termoelektrane). Potom je procenjena godišnja inhalaclona doza za odraslu osobu u istoj tački. Za dva skupa meteoroloških podataka su dobijene vrednosti inhalacionih doza od $1,76 \cdot 10^{-9}$ Sv/h ($15,42 \cdot 10^{-6}$ Sv/a = 1,54 mrem/a), odnosno $3,89 \cdot 10^{-9}$ Sv/h ($34,10 \cdot 10^{-6}$ Sv/a = 3,41 mrem/a). Ove vrednosti su nešto više od vrednosti iz literature za slične proračune, što je i logično ako se uzme u obzir relativno povišen sadržaj prirodnih radionuklida u jugoslovenskim ugljevima.

3. ZAKLJUČAK:

Model oblaka je uspešno primenjen na modelovanje radiološkog uticaja termoelektrane na ugalj na okolinu. Pokazuje se da model ima niz mogućnosti, koje nemaju modeli koji su najčešće korišćeni u literaturi za slične analize. Izrazito je interesantna mogućnost primene ovog modela kod sigurnosnih analiza i kod uporednih analiza ekološkog uticaja različitih tipova energetskih izvora.

THE MODELING OF RADIOLOGICAL IMPACT OF RADIONUCLIDES FROM A COAL FIRED POWER PLANT USING THE CLOUD MODEL

SUMMARY:

A two-dimensional version of the cloud model has been used to simulate transport of natural radionuclides in the atmospheric environment. Effective dose rate from inhalation for stochastic effects for an adult has been calculated using the dose conversion factors for inhalation from literature. The cloud model has been used to simulate the long-term saturation and the annual dose assessment.

REFERENCE:

/1/ D. Antić: "A Numerical Model for Analysis of Air Pollution from Nuclear and Fossil Fuel Power Plants". 3th Symp. of AIRP-YRPA, Plitvice, 1990.

/2/ D. Antić: "Environmental Impact of Natural Radionuclides from the Fossil Fuel Power Plants". Proc. of Int. Rad. Prot. Symp. p. 449-453, Dubrovnik, 1989.

/3/ D. Antić: "Radiation Exposure of the Public from a Coal Fired Power Plant". ENC'90 ENS/ANS-FORATOM Conf. Trans., v.II, p. 1191-1195, Lyon, 1990.

/4/ B. Telenta: "A three-Dimensional Simulation of the 17 June 1978 HIPLEX Case with Obserwed Ice Multiplication". 2th International Cloud Modelling Workshop, Touluse, 1988.

/5/ B. Telenta, D. Antić: "An Analysis of Radiological Impact of Radionuclides from a Coal Fired Power Plant using the Cloud Model" 3th Symp. of AIRP-YRPA, Plitvice, 1990.

/6/ Safety Series No. 90, IAEA, Vienna, 1989.

/7/ ICRP Publication 23, 1975.

XVI. JUGOSLOVANSKI SIMPOZIJ ZA ZAŠČITO PRED SEVANJI
Neum, 28.-31. 05. 1991

Arh Stane
Rudnik urana Žirovski vrh, Gorenja vas

T E K O Č I I N P L I N A S T I I Z P U S T I R U D N I K A U R A N A Ž I R O V S K I V R H M E D Z A Č A S N I M N E O B R A T O V A N J E M

V prispevku primerjamo koncentracijo nekaterih radioaktivnih elementov v tekočih in plinastih izpustih iz rudnika urana Žirovski vrh v času obratovanja rudnika in med začasnim neobratovanjem. Primerjava podatkov o kakovosti in količini izpustov iz RUŽV pove, da rudnik med začasnim neobratovanjem izpušča v okolje le nekoliko manj radioaktivnih snovi kot med obratovanjem.

Rudnik urana Žirovski vrh (RUŽV) začasno ne obratuje že od 1. julija 1990. S sistematičnim proučevanjem posledic neobratovanja RUŽV smo pričeli v oktobru 1990, ko je republiška vlada pričela pripravljati sklep o začasnem prenehanju izkoriščanja rudišča v RUŽV. Iz dosedaj zbranih podatkov še ne moremo predvideti dolgoročnega trenda spreminjanja kakovosti tekočih in plinastih izpustov iz RUŽV in njihov neposredni vpliv na okolico. V prispevku zato podajamo samo primerjavo rezultatov meritev izpustov med obratovanjem RUŽV in sedanjim neobratovanjem. Osnova primerjalne analize so bili podatki izmerjeni v obdobju januar 1989 do februar 1991. Povprečne vrednosti so podane v tabeli 1. za tekoče izpuste ter potok Brebovščico, v katerega se vsi izpusti izlivajo. V tabeli 2. je prikazana primerjava za plinaste izpuste.

T e k o č i i z p u s t i

P r e t o k i izpustov:

Izlivi meteornih voda, drenaže in vodotoki so ohranili svoje pretoke. Obratovanje RUŽV nanje nima bistvenega vpliva. Tudi pretok jamske vode se ni bistveno zmanjšal, čeprav smo prenehali z odkopavanjem rude.

Bistveno se je pretok spremenil pri prelivu zadrževalnega bazena na Boršt u. Med obratovanjem RUŽV se je voda prelivala iz bazena samo v velikih nalivih, ko v obratu predelave uranove rude nismo mogli porabiti vse dotekajoče vode.

TABELA 1. Koncentracija urana in radija v tekočih izpustih in vodotoku Brebovščica ter njihovi pretoki.

	leto	povprečni pretok (m^3/h)	U_3O_8 (ug/l)	Ra-226 (Bq/m^3)
O B R A T O V A N J E				
Brebovščica pri Tavčarju	1989	4700	25 (14-36)	20 (10-43)
	I.poll. 1990	4700	23 (11-33)	18 (10-24)
potok Jazbec	1989	100	564(391-694)	67 (54-74)
	I.poll. 1990	100	467(295-556)	44 (26-47)
izliv jamske vode	1989	90	240(149-327)	116(73-138)
	I.poll. 1990	90	328(280-388)	201(148-276)
		skupni pretok (m^3)		
preliv bazena Boršt	1989	9000	1093(637-1811)	4000(2953-12285)
	I.poll. 1990	1500	976(354-1153)	4262(1953-6449)
N E O B R A T O V A N J E				
Brebovščica pri Tavčarju	julij 90-feb.91	4700	20 (10-41)	13 (7,5-23)
potok Jazbec	julij 90-feb.91	100	496(352-574)	55 (35-91)
izliv jamske vode	julij 90-feb.91	85	509(444-598)	89(77-108)
		skupni pretok (m^3)		
preliv bazena Boršt	julij 90-feb.91.	18000	901(458-1357)	4647(3192-7030)

Opombe: Številke v oklepaju pomenijo minimalno in maksimalno izmerjeno vrednost za določeno obdobje. V tabeli so navedeni le trije najpomembnejši izpusti, katerih delež predstavlja okoli 90 % celotne količine izpustov iz RUZV.

Brebovščica pri Tavčarju - merilno mesto, do katerega se stečejo vsi izpusti iz RUZV v Brebovščico.
Potok Jazbec - vanj se izteka vsa drenaža odlagališča jamske jalovine.
zliv jamske vode - voda, ki se odvaja iz rudniških prostorov.
preliv bazena Boršt - v bazenu Boršt se zbira vsa voda iz odlagališča hidrometalurške jalovine, ki nastane pri predelavi uranove rude.

Dnevna poraba vode v predelovalnem obratu je bila okoli 150 m3 na dan. V celem letu 1989 je skupni preliv znašal 8.600 m3, v prvem polletju 1990 pa 1500 m3. V času neobratovanja RUZV, to je drugi polovici leta 1990, je bil bazen vseskozi poln. Zato je prelival že ob vsakem deževju. Samo v oktobru in novembru, ki sta bila zelo deževna meseca, je skupna količina preliva presegla lanski celoletni preliv. Od 1. julija 1990 do 28. februarja 1991 je skupni preliv bazena dosegel okoli 18.000 m^3 vode. Voda, ki se preliva, je kemijsko in radioaktivno onesnažena in presega dopustne vrednosti za izpuste.

Onesnaženost preliva ne moremo zmanjšati brez sanacijskih ukrepov na hidrometalurškem jalovišču Boršt. Predvideno je nepropustno prekritje jalovišča Boršt z zemljo, če bo rudnik dokončno prenehal z odkopavanjem rude. Vodi je potrebno preprečiti, da bi raztapljala radioaktivne in kemijske snovi iz ostankov pri predelavi rude. Začasne rešitve za izboljšanje sedanjega stanja ni. K sreči predstavlja preliv bazena le okoli 5 % skupnega pretoka Todraščice, v katero se preliv izliva. Tako pride v samem potoku do zadovoljive razredčitve, vendar to ne more biti dolgoročna rešitev.

K o n c e n t r a c i j e v izpustih:
Koncentracije škodljivih snovi v vzorcih tekočih izpustov se med začasnim neobratovanjem RUŽV le malo razlikujejo od prejšnjih, ko je rudnik še obratoval. Razlike se bodo pokazale šele po daljšem obdobju, ko bo voda delno že raztopila in odnesla topne snovi. To pa lahko traja nekaj let ali celo desetletij. V kratkem obdobju ne pričakujemo velikih sprememb brez sanacije.

V jamski vodi se je koncentracija urana po ustavitvi del v rudniku povečala za dvakratno vrednost, koncentracija Ra-226 pa se je nekoliko zmanjšala. Vzroka točno še ne poznamo. Delno je vzrok verjetno v dejstvu, da se je pri kopanju rude naravna izcedna voda v rudniku mešala z nekontaminirano tehnološko vodo, ki smo jo uporabljali za vrtanje in močenje rude. Drugi vzrok pa je verjetno v daljšem času zadrževanja vode v plasteh z uranovo rudo. Izluževanje urana je tako večje. Z vzorčenjem vode v samem rudniku bomo poskušali ugotoviti glavne izvore radioaktivnosti v jamski vodi.

P l i n a s t i i z p u s t i

Med začasnim neobratovanjem RUŽV ne spuščamo v zrak škodljivih kemičnih substanc, kot so npr. plini pri izgorevanju, plini pri miniranju, hlapi kislin, izpušni plini delovnih vozil. Vsi stroji in naprave mirujejo.

Naravni plin radon s svojimi potomci je edini plinski efluent, ki ga spuščamo v atmosfero med začasnim neobratovanjem. Jakost celotne emisije je prikazana v tabeli 2., tako za čas obratovanja kot med začasnim neobratovanjem RUŽV. Iz vsote prispevkov vidimo, da se količina radona v emisiji zmanjša, ko RUŽV ne obratuje, in to: poleti za okoli 20% in pozimi za okoli 40%. Pri tem moramo opozoriti, da poleti naravna ventilacija piha iz podkopov, ki so v dolini. Tako je dolina veliko bolj obremenjena z radonom, kot jo obremenjuje glavna ventilacija rudnika med obratovanjem, ki je 180 m nad dolino. Pozimi izhaja jamski zrak skozi jaške, ki so vsi več kot 180 m nad dolino.

TABELA 2. Jakost emisije radona iz RUŽV v enotah kBq/s

	OBRATOVANJE	NEOBRATOVANJE poleti	NEOBRATOVANJE pozimi
jamska ventilacija	480	415	290
odlagališče jamske jalovine	42	42	42
začasno odlagališče rude	20	20	20
drobilnica	7	-	-
obrat predelave	42	-	-
odlagališče Borštt	38	38	38
skupaj	629	515	390

Z a k l j u č e k

Primerjava podatkov o količini in kakovosti izpustov iz RUŽV v času obratovanja in med začasnim neobratovanjem nam pove, da so tekoči in plinasti izpusti le nekoliko manj obremenjujoči za okolje v času neobratovanja RUŽV. Vendar pa je v času neobratovanja RUŽV povečana nevarnost za nepredvidene dogodke. Čas za ukrepanje je veliko daljši, ker so zaposleni doma. Zato je toliko bolj pomembno preventivno delovanje. Nujno je potrebno nadaljevati s stalnim nadzorom nad dogajanji v celotnem RUŽV, delovati preventivno in v primeru potrebe takoj ustrezno ukrepati. Tudi meritve izpustov so del preventivnega delovanja in jih bomo nadaljevali po že sprejetem programu.

Abstract: The concentrations of some radioactive elements in liquid and gasseous effluents from uranium mine Žirovski vrh during operations and stand by time are compared. The effluents are not much smaller during stand by time than during operational time.

Literatura:

1. RUŽV, interna poročila 1989, 1990, 1991
2. Arh S.,"Emisija radona iz Rudnika urana Žirovski vrh", 3. savetovanje sekcije JDZZ za prirodnu radioaktivnost, Vrnjačka Banja, 15.-17. oktober 1990

"PRED-ČERNOBILSKI" ^{137}Cs NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE U TLU DO DUBINE OD 262,5 MM

BarišiĆ D., Lulić S i Vertačnik A.

Institut "Ruđer Bošković", Centar za istraživanje mora-Zagreb

UVOD

Atmosferske pokusne eksplozije nuklearnog oružja rezultirale su i kontaminacijom zemljine površine radionuklidom ^{137}Cs. Fallout je bio najizraženiji sredinom šezdesetih godina o čemu svjedoće mnogobrojni radovi domaćih i inozemnih autora. Opsežno uzorkovanje tla (obavljeno sredinom srpnja 1986 godine) provedeno je u svrhu utvrđivanja nivoa radioaktivne kontaminacije područja Republike Hrvatske do koje je došlo nakon nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu. Dio preliminarnih rezultata tih istraživanja već je obznanjen **(1)** i **(2)**. Odnos $^{137}Cs/^{134}Cs$ u falloutu vezanom uz akcident u Černobilu utvrđen je mjerenjem aktivnosti cezija u oborinama tijekom svibnja 1986 na preko 20 lokacija na teritoriju Republike Hrvatske. Poznavanje navedenog odnosa, te rezultati određivanja aktivnosti cezija u četiri segmenta vertikalnog profila tla omogućili su izradu procjene kontaminacije teritorija Republike Hrvatske radionuklidom ^{137}Cs u "pred-Černobilskom" razdoblju. Rezultati prezentirani u ovom radu preračunati su na 15. srpnja 1986. godine.

METODE UZORKOVANJA I MJERENJA

Uzorkovanje tla provedeno je, uz nekoliko iznimaka, na stanicama Hidrometeorološkog Zavoda Republike Hrvatske. Podloga, s koje su pedološkim svrdlom površine 100 cm^2 uzorci uzeti, u najvećem je broju slučajeva bila prekrivena bujnom travom. Uzorkovani segmenti vertikalnog profila tla debljine 12,5 mm uzeti su na slijedećim dubinama: površina-12,5, 50-62,5, 112,5-125 i 250-262,5 mm. Uzorci površinskog sloja tla uzeti su nakon odstranjivanja travnatog pokrivača. Uzorci su smješteni u plastične kutije poznate geometrije (vol. = 125 cm^3) i hermetički zatvoreni.

Aktivnost ^{134}Cs i ^{137}Cs u uzorcima tla određjena je gama-spektrometrijskom metodom na Ge-Li detektorskom sistemu povezanom s 4096 kanalnim analizatorom. Uzorci su brojeni, ovisno o aktivnosti, između 20000 i 100000 sekundi. Za određivanje aktivnosti ^{134}Cs korištena je gama zraka s foto-vrhom na 795,7 KeV-a, a za ^{137}Cs na 661,6 KeV-a. Množenjem izmjerenih aktivnosti ^{134}Cs s poznatim pripadnim odnosom $^{137}Cs/^{134}Cs$ dobivene su aktivnosti ^{137}Cs u tlu koje se mogu pripisati radioaktivnoj kontaminaciji tla zbog nesreće u nuklearnoj elektrani u Černobilu. Oduzimanjem tako dobivenih vrijednosti od izmjerenih aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima tla dobivene su aktivnosti "starog" (pred-Černobilskog) ^{137}Cs u tlu.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati određivanja "pred-Černobilskog" ^{137}Cs u tlu prikazani su u Tablici 1. (kolone I, II, III i IV) po svim mjerenim segmentima vertikalnog profila. Vertikalna distribucija aktivnosti "starog" ^{137}Cs izračunata je pomoću jednadžbe:

$$Y = (A * e^{(b*\ln D + c*(\ln D)2)}) - K$$

gdje je: Y = aktivnost ^{137}Cs u datom segmentu (Bq)
D = dubina sredine datog segmenta (mm)
A, b, c i K = koeficijenti, a što je detaljnije opisano u **(3)**.

Koeficijenti A, b, c, K te suma kvadrata odstupanja (SKO) izračunatih od mjerenih vrijednosti dati su također u Tablici 1. Integracijom proračunatih aktivnosti po svim segmentima (ukupno 21 segment, svaki debljine 12,5 mm) dobivene su vrijednosti ukupne kontaminacije tla do dubine 262,5 mm "starim cezijem" (kolona S u Tablici 1.). U koloni S* tablice, date su navedene vrijednosti preračunate na 1964 godinu zbog lakših usporedbi "starih" i "Černobilske" kontaminacije. Iz istog razloga su, za rekonstrukciju karte radioaktivne kontaminacije područja Republike Hrvatske "starim cezijem" (Karta 1.), korištene aktivnosti ^{137}Cs preračunate na 1964. godinu.

Na Karti 1. je uočljivo da je teritorij Republike Hrvatske kontaminiran relativno homogeno u "pred-Černobilskom" periodu. Odnos između maksimalno kontaminiranog područja (otok Lastovo) i područja s minimalnom kontaminacijom (potez Vinkovci-Vukovar) ne prelazi 5,8:1. To je za gotovo red veličine manje od odnosa (cca 50:1) maksimalno (Gračac) od minimalno (Đakovo i Split) kontaminiranih područja nakon akcidenta u Černobilu. Relativno homogena slika kontaminacije područja Republike Hrvatske je i očekivana obzirom na duljinu perioda tijekom kojeg je dolazilo do deponiranja ^{137}Cs na tlo. Skloni smo pretpostavci da su područja najvišeg nivoa "stare" kontaminacije (obalni dio općenito a pogotovo Lastovo) te Gorski Kotar i područje Novske rezultat fallout-a vezanog uz francuske nuklearne eksperimente u Sahari.

LITERATURA

(1) Barišić, D., Košutić, K., Kvastek,K., LuliĆ, S., Tuta, J., Vertačnik, A. (1987): Contamination of the ground surface layer in SR Croatia as consequence of Chernobyl accident. Proceedings from XIVth Regional Congress of Int. Radiat. Protect Assoc., Kupari, Dubrovnik, 219-222.

(2) Barišić, D. i LuliĆ, S. (1990): The contamination of ground surface layer in Republic Croatia as the consequence of Chernobyl accident. Int. Symp. on Post-Chernobyl environmental radioactivity studies in East Europen countries, Kazimierz, Poland. (in press).

(3) Barišić, D. (1991): Određivanje krivulja distribucije cezija u tlu. XVI Simp. Jug. društ. za zašt. od zrač., Neum.(u štampi).

SUMMARY

Radioactive contamination of Republic Croatia territory with "pre-Chernobyl" ^{137}Cs has been obtained by supstracting "Chernobyl" ^{137}Cs (activity ratio $^{137}Cs/^{134}Cs$ * ^{134}Cs) from the total ^{137}Cs. Results represent "old" ^{137}Cs distribution in soil from surface to 262,5 mm depth. The map showes that the territory has been contaminated rather uniformly, according to long term duration of atmospheric nuclear weapon experiments.

Keywords: Croatia, contamination, "pre-Chernobil" cesium, soil.

TABLICA 1. Prikaz mjerenih aktivnosti i izracunatih koeficijenata za proracun kontaminacije "starim" 137-Cs

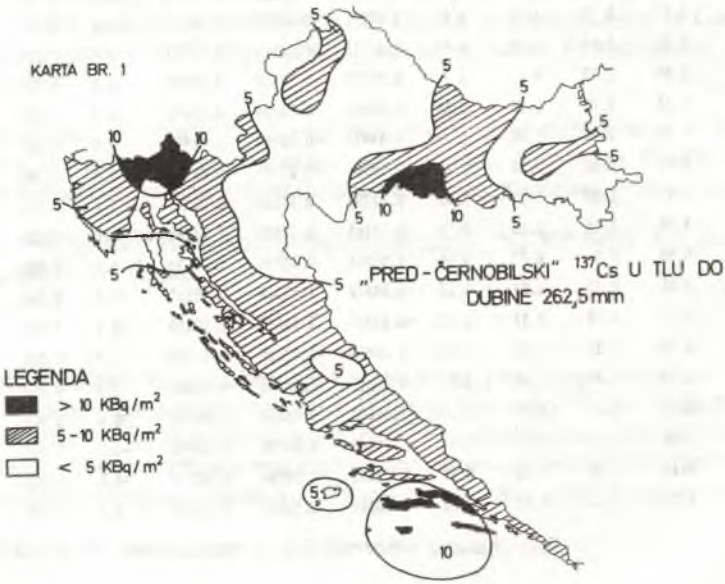
Lokacija	(I)	(II)	(III)	(IV)	KOEFICIJENTI						
	(Bq u segmentu)				lnA	b	c	K	SKO	S	S*
SPLIT	2.49	1.90	1.82	1.17	1.39887	0.10151	-0.02575	2.0	0.043	3548	5882
RAB	1.17	0.54	1.11	1.67	1.94052	-0.58900	0.08595	2.0	0.030	2291	3798
VRLIKA	1.63	1.42	1.27	0.90	1.11078	0.14909	-0.02825	2.0	<.001	2625	4351
BENKOVAC	3.04	1.72	1.82	1.68	2.68570	-1.45835	0.13770	-1.4	0.016	3808	6313
SIBENIK	2.62	2.20	2.50	2.61	1.77568	-0.18015	0.02476	2.0	0.019	5136	8514
CRES	1.05	0.58	0.94	1.42	1.74064	-0.46626	0.06772	2.0	0.050	2043	3387
PLOMIN	4.67	3.56	1.57	1.08	-2.48563	3.09558	-0.56040	-1.0	0.019	4892	8109
RIJEKA	3.39	3.31	3.22	3.58	0.83006	-0.36689	0.05295	-2.0	0.021	7061	11705
DRNIS	3.45	1.29	0.61	0.30	-0.08960	1.22836	-0.29316	-0.2	<.001	1977	3277
VIS	2.10	1.36	1.50	1.15	1.13459	-0.18125	0.00689	0.2	0.045	2912	4827
ZADAR	1.67	2.28	2.20	1.22	-1.05079	1.15244	-0.16570	0.0	0.095	3952	6551
OGULIN	2.13	1.91	1.23	0.94	-1.97908	1.85073	-0.33429	-0.8	0.005	2966	4917
PLITVICE	3.91	0.49	0.55	1.34	10.86238	-6.84909	0.87858	-0.4	0.002	1827	3029
GRACAC	3.08	2.00	1.55	1.31	1.38488	-0.10942	-0.01698	0.0	0.006	3600	5968
PAZIN	2.83	3.35	1.65	1.13	-3.44033	3.18135	-0.52944	-1.0	0.032	4409	7309
GOSPIC	2.01	1.70	1.91	2.20	1.68242	-0.21802	0.03137	2.0	0.001	4067	6742
ROVINJ	1.29	1.57	1.65	0.93	0.68859	0.36975	-0.05336	2.0	0.067	2904	4814
LABIN	4.52	3.49	1.18	0.47	-3.18450	3.69497	-0.64817	-0.4	0.031	4422	7330
LASTOVO	4.99	4.48	4.93	3.33	1.65848	0.22294	-0.03853	2.0	0.584	9035	14977
PARG	2.59	3.30	3.24	2.47	-0.06641	0.64256	-0.08797	0.0	0.037	6263	10382
S. BROD	0.23	1.32	1.69	1.60	-5.69121	2.43162	-0.24003	-0.1	<.001	3053	5061
KOPRIVNICA	1.09	0.93	1.40	1.77	1.49238	-0.28538	0.04651	2.0	0.019	2814	4665
OVOR NA UNI	0.33	0.37	1.02	1.88	1.41021	-0.45772	0.08115	2.0	0.012	2143	3552
BILOGORA	0.31	0.59	1.22	1.37	0.86755	-0.06181	0.02326	2.0	0.064	2107	3493
GRADISTE	0.89	0.97	0.83	1.32	0.24373	-0.58549	0.09509	-0.3	0.043	2120	3514
VUKOVAR	0.38	0.90	0.86	0.86	0.52955	0.23006	-0.02470	2.0	0.003	1769	2932
SISAK	1.73	1.24	1.05	1.21	1.59975	-0.18967	0.01974	2.0	0.013	2518	4174
MALI LOSINJ	4.54	2.52	2.08	2.45	2.57366	-0.47757	0.04968	1.9	0.056	5202	8623
DUBROVNIK	0.93	2.00	1.87	1.83	0.51796	0.38280	-0.04249	2.0	0.014	3863	6404
DALJ	3.75	2.18	1.26	0.76	-0.10165	1.15503	-0.24888	-0.5	<.001	3303	5475
VINKOVCI	0.98	0.54	0.72	0.95	1.52565	-0.33998	0.04593	1.9	0.002	1568	2599
B. MANASTIR	0.35	0.75	1.09	1.23	-5.99874	1.91349	-0.15137	-0.3	0.005	2056	3408
P. SLATINA	0.17	1.78	2.17	1.73	-0.82213	3.75837	-0.39453	-0.1	<.001	3737	6195
KNIN	2.70	1.81	1.51	1.10	1.60655	-0.02105	-0.01259	1.9	0.001	3273	5426
DJAKOVO	2.73	1.79	1.46	0.85	1.52615	0.06282	-0.02666	2.0	0.010	3060	5073
SENJ	2.62	2.83	1.54	0.89	-2.06403	2.18564	-0.36780	-0.6	0.007	3804	6306
KRIZEVCI	1.04	1.27	1.15	0.98	-2.91468	1.34994	-0.18998	-0.7	<.001	2365	3920
OTOCAC	0.40	2.96	1.75	0.56	-7.52653	4.55184	-0.60124	-0.1	<.001	3298	5467
VARAZDIN	1.00	0.84	1.32	2.38	1.63529	-0.73072	0.11817	1.0	<.001	3045	5048

TABLICA 1. (nastavak)

Lokacija	(I)	(II)	(III)	(IV)	KOEFICIJENTI						
	(Bq u segmentu)				lnA	b	c	K	SKO	S	S*
PETROV VRH	1.12	3.05	2.14	1.01	-2.81802	2.19874	-0.30142	0.1	<.001	4150	6879
D. MIHOLJAC	1.23	2.70	1.24	0.83	-8.92502	6.10076	-0.92340	-0.8	0.002	3322	5507
SIBICE	0.90	1.53	1.35	1.22	-6.25961	2.75709	-0.32344	-0.8	0.010	2788	4622
S. POZEGA	1.06	1.31	1.14	0.70	0.69112	0.31972	-0.04769	2.0	0.003	2210	3664
SVETI ROK	0.91	2.83	1.68	0.69	-4.81144	3.27801	-0.45789	-0.2	<.001	3423	5674
SINJ	3.86	2.19	2.01	2.22	2.38538	-0.41777	0.04444	2.0	0.006	4715	7816
PUNTJARKA	4.24	3.58	1.87	1.15	-1.44187	2.15699	-0.38768	-0.9	0.009	4958	8219
KARLOVAC	2.17	2.27	1.21	0.74	-2.86074	2.62160	-0.44395	-0.6	0.001	3087	5117
PREGRADA	1.20	1.09	1.15	1.26	1.14783	-0.11427	0.01630	1.5	<.001	2451	4063
NOVSKA	5.26	2.35	2.79	3.53	3.14657	-0.82268	0.10202	2.0	0.021	6345	10518
OSIJEK	1.16	0.93	1.15	1.05	1.26730	-0.08507	0.01091	2.0	0.022	2211	3665
BJELOVAR	4.88	1.10	0.87	0.68	3.49847	-1.21803	0.07502	-0.3	0.002	2363	3917
ZAVIZAN	18.24	1.34	0.58	0.17	5.65066	-1.68819	0.11237	0.6	0.002	3597	5963
DARUVAR	1.75	1.47	1.03	0.59	-0.04159	0.59556	-0.11371	0.2	<.001	2268	3760
KRAPINA	1.90	1.54	0.74	0.47	-2.66818	2.50929	-0.45295	-0.4	0.003	2101	3483
NASICE	3.10	0.56	0.74	1.20	3.96308	-1.88385	0.22853	0.5	0.003	1983	3287

(I) povrsina-12,5mm; (II) 50-62,5mm; (III) 112,5-125mm; (IV) 250-262,5mm SKO = suma kvadrata odstupanja

S = kontaminacija (Bq/m2), S* = kontaminacija (Bq/m2) preracunata na 1964 godinu



ODREDIVANJE KRIVULJA DISTRIBUCIJE CEZIJA U TLU

D.Barišić

Institut "Ruđer Bošković", Centar za istraživanje mora-Zagreb

UVOD

Poznavanje vertikalne migracije radionuklida koji su na površinu tla deponirani suhim ili mokrim taloženjem (fallout) od bitnog je značaja za razumijevanje sorpcijsko-desorpcijskih procesa koji se odvijaju u tlu. Distribucija radionuklida u vertikalnom profilu rezultat je fizičko-kemijskih interakcija između radionuklida i tla, hidroloških uvjeta, kao i fizičko-kemijskih karakteristika samog tla. Stoga je poznavanje krivulja koje opisuju vertikalnu distribuciju radionuklida u tlu višestruko značajno, čak nužno glede izračunavanja kontaminacije tla. Razumijevanje sorpcijsko-desorpcijskih procesa kao i praćenje transfera radionuklida iz tla u vegetaciju olakšano je poznavanjem krivulja vertikalne distribucije.

U ovom radu napravljen je pokušaj da se na osnovu rezultata mjerenja aktivnosti cezija u četiri intervala vertikalnog profila tla pronađe takav oblik jednadžbe distribucije koji će najbolje pratiti promjene aktivnosti cezija s dubinom.

Uzorkovanje tla obavljeno je pedološkim svrdlom površine 100 cm^2. Uzorkovani su segmenti tla debljine 12.5 mm u slijedećim intervalima: površina-12.5 mm; 50-62.5 mm; 112.5-125 mm; 250-262.5 mm. Aktivnosti 134-Cs i 137-Cs u navedenim segmentima tla određene su gama-spektrometrijskom metodom na Ge-Li detektorskom sistemu povezanom s 4096 kanalnim analizatorom.

PREDLOŽENI OBLICI JEDNADŽBI KRIVULJA DISTRIBUCIJE CEZIJA U VERTIKALNOM PROFILU

Da bi na osnovu rezultata mjerenja aktivnosti cezija u uzorkovanim segmentima vertikalnog profila tla dobili distribuciju cezija po dubini, potrebno je odrediti jednadžbu takve funkcije koja će najbolje pratiti promjene aktivnosti cezija s dubinom. Kao indikator uspješnosti funkcije koristit će se suma kvadrata odstupanja izračunatih vrijednosti funkcije (aktivnosti cezija) od izmjerenih vrijednosti u uzorkovanim segmentima vertikalnog profila.

Promjene aktivnosti cezija s dubinom moguće je opisati jednostavnom eksponencijalnom funkcijom čija jednadžba u općem obliku glasi:

$$Y = A * D^b \qquad (1.)$$

gdje je: Y = aktivnost cezija u datom segmentu (Bq)
D = dubina sredine datog segmenta (mm)
A,b = parametri jednadžbe (konstante)

Izjednačimo li: $y = \ln Y$; $a = \ln A$; $x = \ln D$ dobivamo

$$y = a + b * x \qquad (2.)$$

tj. jednadžbu pravca čije koeficijente a i b odredimo metodom najmanjih kvadrata. Obzirom da traženu jednadžbu određujemo na osnovu rezultata mjerenja aktivnosti cezija u četiri segmenta na

različitim dubinama promatranog profila, kvadrati odstupanja iznose redom:

za $x = x_1$ $(a+b*x_1-y_1)^2$
za $x = x_2$ $(a+b*x_2-y_2)^2$
za $x = x_3$ $(a+b*x_3-y_3)^2$
za $x = x_4$ $(a+b*x_4-y_4)^2$ (3.)

Suma kvadrata odstupanja mora biti minimalna tj:

$$S=\sum_{k=1}^{4}(a+b*x_k-y_k)^2 = \text{minimum} \qquad (4.)$$

Da bi uvjet (4) bio zadovoljen mora vrijediti:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 \quad i \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \qquad (5.)$$

odnosno:

$$\sum_{k=1}^{4} 2*(a+b*x_k-y_k)^2 = 0 \qquad (5a.)$$

$$\sum_{k=1}^{4} 2*(a+b*x_k-y_k)^2*x_k = 0 \qquad (5b.)$$

Sređivanjem jednadžbi (5a.) i (5b.) dobivamo:

$$4*a + b*\sum_{k=1}^{4} x_k = \sum_{k=1}^{4} y_k$$

$$a*\sum_{k=1}^{4} x_k + b*\sum_{k=1}^{4} x_k^2 = \sum_{k=1}^{4} x_k*y_k \qquad (6.)$$

Rješenjem prethodnog sistema linearnih jednadžbi dobivaju se koeficijenti a i b uz uvjet da je suma kvadrata odstupanja izračunatih vrijednosti od mjerenih minimalna.

Promjene aktivnosti cezija s dubinom moguće je opisati i jednadžbom koja u općem obliku glasi:

$$Y = A * e^{(b*\ln D+c*(\ln D)2)} \qquad (7.)$$

pri čemu je:

Y = aktivnost cezija u datom segmentu (Bq)
D = dubina sredine datog segmenta (mm)
A,b,c = konstante

Izjednačimo li: $y = \ln Y$; $a = \ln A$ i $x = \ln D$ dobivamo:

$$y = a + b*x + c*x^2 \qquad (8.)$$

tj. jednadžbu kvadratnog trinoma. Obzirom da krivulju distribucije tražimo na osnovu rezultata mjerenja aktivnosti cezija u četiri segmenta vertikalnog profila, kvadrati odstupanja iznose redom:

za $x = x_1$ $(a+b*x_1+c*x_1^2-y_1)^2$
za $x = x_2$ $(a+b*x_2+c*x_2^2-y_2)^2$
za $x = x_3$ $(a+b*x_3+c*x_3^2-y_3)^2$
za $x = x_4$ $(a+b*x_4+c*x_4^2-y_4)^2$ (9.)

Suma kvadrata odstupanja mora biti minimalna, tj:

$$S = \sum_{k=1}^{4}(a+b*x_k+c*x_k^2-y_k)^2 = \text{minimum} \qquad (10.)$$

Da bi uvjet (10.) bio zadovoljen mora vrijediti:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 \; ; \quad \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \quad i \quad \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \qquad (11.)$$

odnosno:

$$4*a + b*\sum_{k=1}^{4} x_k + c*\sum_{k=1}^{4} x_k^2 = \sum_{k=1}^{4} y_k$$

$$a*\sum_{k=1}^{4} x_k + b*\sum_{k=1}^{4} x_k^2 + c*\sum_{k=1}^{4} x_k^3 = \sum_{k=1}^{4} x_k*y_k$$

$$a*\sum_{k=1}^{4} x_k^2 + b*\sum_{k=1}^{4} x_k^3 + c*\sum_{k=1}^{4} x_k^4 = \sum_{k=1}^{4} x_k^2*y_k \qquad (12.)$$

Označimo li redom: $\sum_{k=1}^{4} x_k = m_1$; $\sum_{k=1}^{4} x_k^2 = m_2$; $\sum_{k=1}^{4} x_k^3 = m_3$; $\sum_{k=1}^{4} x_k^4 = m_4$; $\sum_{k=1}^{4} y_k = p_1$; $\sum_{k=1}^{4} x_k*y_k = p_2$ i $\sum_{k=1}^{4} x_k^2*y_k = p_3$,

tada pripadna determinanta sistema linearnih jednadžbi (12.) poprima slijedeći oblik:

$$D = \begin{vmatrix} 4 & m_1 & m_2 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ m_2 & m_3 & m_4 \end{vmatrix} \qquad (13.)$$

Označimo li redom determinante:

$$D_1 = \begin{vmatrix} p_1 & m_1 & m_2 \\ p_2 & m_2 & m_3 \\ p_3 & m_3 & m_4 \end{vmatrix} \quad D_2 = \begin{vmatrix} 4 & p_1 & m_2 \\ m_1 & p_2 & m_3 \\ m_2 & p_3 & m_4 \end{vmatrix} \quad i \quad D_3 = \begin{vmatrix} 4 & m_1 & p_1 \\ m_1 & m_2 & p_2 \\ m_2 & m_3 & p_3 \end{vmatrix}$$

dobivamo tražene koeficijente a,b, i c pri čemu je:

$$a = D_1/D \; ; \quad b = D_2/D \quad i \quad c = D_3/D \qquad (14.)$$

Ukoliko je u nekom segmentu vertikalnog profila izmjerena aktivnost jednaka nuli, tada nije moguće koristiti predložene jednadžbe (1.) i (7.). Stoga razmotrimo slične jednadžbe kod kojih su vrijednosti funkcije promijenjene za konstantu K, tj:

$$Y^* = Y + K \qquad (15.)$$

odnosno

$$Y^* = A * D^b \qquad (16.)$$

i

$$Y^* = A * e^{(b*\ln D + c*(\ln D)2)} \qquad (17.)$$

pri čemu je:

$$Y = (A * D^b) - K \qquad (18.)$$

odnosno :

$$Y = (A * e^{(b*\ln D + c*(\ln D)2)}) - K \qquad (19.)$$

Dakle, jednadžbe (16.) i (17.) daju nam za svaku točku vertikalnog profila aktivnost cezija u pripadnom intervalu uvećanu ili umanjenu za vrijednost konstante K. Stvarne vrijednosti aktivnosti cezija date su pritom jednadžbom (18.) i (19.) Mijenjajući vrijednost konstante K dobivamo čitav niz međusobno veoma sličnih jednadžbi krivulja distribucije. Kao rješenje odabiremo onu jednadžbu koja najbolje opisuje distribuciju cezija u vertikalnom profilu tj. jednadžbu s onom vrijednošću konstante K za koju je suma kvadrata odstupanja izračunatih od mjerenih vrijednosti minimalna.

NAPOMENA: U ovom radu nije razmatrana jednadžba u općem obliku:

$$Y^* = A * e^{(b*\ln D + c*(\ln D)2 + d(\ln D)3)} \qquad (20.),$$

a koja bi se također mogla veoma uspješno primjeniti. Obzirom na malu brzinu migracije cezija u tlu i često nehomogen sastav tla, primjena ovakvog tipa jednadžbe distribucije biti će korisna pri razmatranju krivulja vertikalne distribucije cezija u tlu za slučajeve kada je od trenutka kontaminacije protekao znatno duži period vremena.

USPOREDBA PREDLOŽENIH OBLIKA JEDNADŽBI KRIVULJA DISTRIBUCIJE CEZIJA

Tablica 1.

primj. jednadžba	(I)	(II)	(III)	(IV)	lnA	b	c	K	G	S (Bq)
	(Bq u intervalu)									
Cs^{134}	2,3	0,24	0	0	(IZMJERENO na lokaciji SPLIT)					
(1.)	nije primjenjiva (zbog lnO)									
(18.)	2,19	.21	.05	0	2,5134	-,9182	--	.1	,015	4,4
(7.)	nije primjenjiva									
(19.)	2,3	,22	,03	0	2,4686	-,6642	,0617	2	.001	4.6
Cs^{137}	6,95	2,13	1,82	1,17	(IZMJERENO na lokaciji SPLIT)					
(1.)	6,75	2,39	1,68	1.17	2,775	-,4726	--	--	,129	43,4
(18.)	6,94	2,26	1,63	1,22	2,9442	-,5898	--	-.5	,055	42.8
(7.)	6,90	2,28	1,65	1,22	3,0359	-,6474	,0243	--	,056	42,9
(19.)	6,91	2,27	1,65	1,22	3,0815	-,6594	,0344	.4	,054	42,9
Cs^{134}	25,64	3,07	0,99	0	(IZMJERENO na lokaciji DARUVAR)					
(1.)	nije primjenjiva									
(18.)	25,6	3,02	1,05	0	4,8292	-,8408	--	1,2	,008	59,7
(7.)	nije primjenjiva									
(19.)	25,66	3,02	1,02	0	4,6669	-,7054	-,0282	.9	,004	59,9
Cs^{137}	50,47	7,3	2,91	0,59	(IZMJERENO na lokaciji DARUVAR)					
(1.)	61,93	5,11	2,19	,91	6,2069	-1,1354	--	--	136	131,1
(18.)	51,18	6,99	2,92	,64	5,4556	-,8087	--	2	,593	135,7
(7.)	50,01	7,94	2,57	.62	3,7686	,495	-,2273	--	.729	144.5
(19.)	50,49	7,28	2.94	.59	5,1939	-,6188	-.0318	1,6	.002	137,3
Cs^{134}	99,33	6,04	1,39	0,37	(IZMJERENO na lokaciji GRAČAC)					
(1.)	113.83	4,30	1,41	.45	7.4678	-1,4914	--	--	213	175,7
(18.)	99,17	5.51	1,76	.29	6.9323	-1,2711	--	.6	.454	171.0
(7.)	100.02	5,60	1.55	.35	6.0000	-,5104	-,1368	--	.697	176.2
(19.)	99.29	6.01	1.40	.37	4.8922	.3517	-,2802	-.2	.003	184,4
Cs^{137}	203,73	14.20	4,36	2,06	(IZMJERENO na lokaciji GRAČAC)					
(1.)	204,95	12,96	5,07	1.93	7,6252	-1,2564	--	--	3.53	382.4
(18.)	203,72	13,11	5,11	1,90	7,5991	-1,2452	--	.1	1.77	382.4
(7.)	205,90	12,90	5,04	1,91	7,6421	-1,2641	,00058	--	6.87	382.7
(19)	203,91	14,04	4,41	2,06	5,8258	,1675	-,2451	-1,6	,058	405.9

Napomene:

(I)...interval:površina--12,5mm
(II)..interval:50--62,5mm
(II)..interval:112,5--125mm
(IV)..interval:250--262,5mm
G.....suma kvadrata odstupanja računatih od mjerenih aktivnosti

S.....izračunata aktivnost u vertikalnom profilu do 262,5mm dubine

Ispitan je samo niz krivulja s pripadnim vrijednostima konstante K od -2 do +2 s pojedinačnim pomakom od 0.1.

U Tablici 1. prikazani su rezultati mjerenja aktivnosti Cs^{134} i Cs^{137} u četiri segmenta vertikalnog profila na tri različite lokacije. Dati su i parametri razmatranih oblika krivulja distribucije cezija s pripadnim izračunatim aktivnostima za pojedine segmente, sume kvadrata odstupanja računatih od mjerenih vrijednosti. te izračunata ukupna aktivnost cezija sadržana u vertikalnom profilu do dubine od 262,5 mm.

Iz podataka navedenih u Tablici 1. vidljivo je da se jednadžbe (1.) i (7.) ne mogu uspješno koristiti zbog znatnog odstupanja izračunatih od mjerenih aktivnosti cezija u vertikalnom profilu. Njihovo je korištenje nemoguće i ukoliko je u nekom segmentu profila mjerena aktivnost cezija bila jednaka nuli.

Modificirani oblici navedenih jednadžbi (tj. jednadžbe (18.) i (19.)) bitno bolje prate promjene aktivnosti cezija s dubinom. Odstupanja izračunatih od mjerenih vrijednosti u pravilu su zanemariva obzirom da procijenjena moguća greška napravljena prilikom uzorkovanja pojedinih segmenata vertikalnog profila iznosi do cca 8% (što odgovara grešci određivanja dubine s koje je uzet uzorak od +-1 mm).

Obzirom na gotovo zanemarive sume kvadrata odstupanja računatih od mjerenih vrijednosti aktivnosti cezija u pojedinim segmentima vertikalnog profila možemo zaključiti da jednadžba (19.) najbolje opisuje distribuciju cezija u profilu. Ukoliko ukupnu aktivnost cezija u profilu označimo kao 100%, u mogućnosti smo veoma lako dobiti raspodjele u postocima, što omogućava usporedbe vertikalnih distribucija cezija na različitim lokacijama.

SUMMARY

The knowledge of functions which describe cesium vertical distribution in soil is of essential importance for understanding of sorption-desorption processes and radionuclide transfer to vegetation. Several exponential equations suitable for description of cesium distribution in soil are discussed in this work. Experimental basis was radioactivity measurement in 4 vertical profile segments. Equation $y = (A * e^{(b*\ln D+c*(\ln D)2)}) -K$ is found to be the best fit for Cs radioactivity changes with soil depth.

Keywords: distribution, cesium, soil, equation.

RADIOAKTIVNOST IZ NUKLEARNIH I NENUKLEARNIH POSTROJENJA

BIŠKUP B.
INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ"

Niz ljudskih aktivnosti kao što su : primjena medicinskog X-zračenja, industrijska upotreba prirodnih i umjetnih radionuklida, gorivni ciklus ugljena, testiranje nuklearnog oružja i nuklearni gorivni ciklus, rezultiraju ispuštanjem radioaktivnih efluenata u okoliš i izlaganju radioaktivnom zračenju. Da bi se mogli procijeniti efekti radioaktivnog zračenja na čovjeka i okoliš, potrebno je, uz poznavanje izvora radioaktivnog zračenja,znati njegovu emisijsku karakterizaciju i putove transporta kroz okoliš, kemijske transformacije i disperziju.

Ispuštanje radioaktivnih efluenata iz nuklearnih i nenuklearnih postrojenja može se odvijati pod normalnim radnim uvjetima, pri čemu radioaktivna emisija treba biti unutar zakonski dozvoljenih granica, i tokom akcidentnih situacija. Prikaz posljedica teških radijacijskih akcidenata u nuklearnim i nenuklearnim postrojenjima u razdoblju od 1945. do 1987. godine dan je u Tabeli 1.

Neophodnost točnih procjena sigurnosti rada nuklearnih elektrana rezultirala je izradama studija koje ispituju vjerojatnosti i posljedice kvarova nuklearnih elektrana kao i utjecaj na okoliš.

Tabela 1. Prikaz radijacijskih akcidenata u nzklearnim i nenuklearnim postrojenjima u periodu od 1945. do 1987. godine. U tabelu nisu uključeni podaci o akcidentu u Černobilu.

TIP POSTROJENJA	BROJ AKCIDENATA	PREKOMJERNA* OZRAČENOST	SMRTNI SLUČAJEVI
NUKLEARNA POSTROJENJA	27 (34%)	272 (64%)	35 (59%)
NENUKLEARNA POSTROJENJA			
INDUSTRIJA	42 (52%)	84 (20%)	20 (34%)
ISTRAŽIVANJE	7 (9%)	10 (2%)	- (-)
MEDICINA	4 (5%)	62 (14%)	4 (7%)
	80 (100%)	428 (100%)	59 (100%)

(Nuclear Safety review for 1987,IAEA,1988)

Pod prekomjernim ozračivanjem podrazumijeva se izlaganje zračenju čitavog tijela, koštane srži ili ostalih kritičnih organa dozi od 0,25 Sv ili više; kože 6 Sv ili više; ostala vanjska izlaganja su 0,75 Sv ili više.

Najpoznatije procjene o sigurnosti rada nuklearnih elektrana su Rasmussenova studija (WASH-1400, 1974.) i Njemačka studija,1976. Nakon akcidenta u Černobilu izvršene su usporedbe proračunatih vrijednosti ispuštanja radionuklida tokom akcidenta sa podacima iz studije WASH-1400. Proračunati postotak ispuštanja radionuklida iz Černobila koji se mogu raspršiti na velike udaljenosti, u usporedbi sa podacima iz USAEC - studije, WASH - 1400, dan je u Tabeli 2. Podaci su dobiveni integriranjem radioloških mjerenja sa proračunima za radionuklide iz reaktorske jezgre. Otpuštene frakcije predstavljaju aproksimativno 70 % od najvjerojatnijih vrijednosti proračuna izvedenih iz studije WASH-1400 za taljenje jezgre LWR-reaktora, ali leže dobro unutar raspona potencijalnih frakcija otpuštanja za takav slučaj. Rezltati ovih proračuna pokazali su da su prvih par dana inhalacijske doze u okolici Černobila

premašivale 10 mGy, dok su širom Evrope inhalacijske doze varirale od 0,1 do 0,001 mGy, a u SAD su bile manje od 0,00001 mGy. Prikaz proračunatih vrijednosti za ispuštanje radionuklida tokom akcidenta u Černobilu, isprobavanja nuklearnog oružja i akcidenta na TMI-u i Windscaleu, prikazana je u Tabeli 3.

Tabela 2.

KEMIJSKA VRSTA	MODELNI IZOTOPI	ČERNOBIL (%)	WASH-1400 (%) RASPON	WASH-1400 (%) BOLJA PROCJENA	WINDSCALE (%)
Plemeniti plinovi	^{133}Xe	90,0	50-100	90	100,0
Halogeni	^{131}I, ^{133}I	60,0	50-100	90	20,0
Alkalni metali	^{134}Cs, ^{136}Cs, ^{137}Cs	40,0	40-90	80	20,0
Teluridi	^{132}Te	10,0	5-25	15	20,0
Alkalijske zemlje	^{140}Ba	0,8	2-20	10	0,2
Plemeniti metali	^{103}Ru, ^{106}Ru	0,7	1-10	3	2,0
Rijetke zemlje	^{141}Ce, ^{144}Ce	0,2	0.01-1	0,3	0,2
Oksidi	^{95}Zr	0,2	0,01-1	0,3	0,2

(P.H.Gudiksen at al,Health Physics, 57 , 5, 697-706,1989)

Tabela 3.

IZOTOPI	RADIOAKTIVNOST (PBq) ČERNOBIL	TESTIRANJE NUKL. ORUŽJA	WINDSCALE	TMI
^{137}Cs	89,0	1500,0	0,04	nije detektirano
^{134}Cs	48,0	1,5	0,001	"
^{90}Sr	1,3	1300,0	$2,2\ 10^{-4}$	"
^{133}Xe	4200,0	$2\ 10^{6}$	14,0	370,0
^{131}I	1300,0	$7,8\ 10^{5}$	0,6	0,001

(P.H.Gudiksen at al., Health Physics, 57,5, 697-706,1989)

Usporedba radiotoksičnosti otpada iz pojedinih dijelova nuklearnog gorivnog ciklusa pokazuje da je radiotoksičnost otpada iz nuklearne elektrane manja od radiotoksičnosti uranove rude i visokoradioaktivnog otpada. Radioaktivni otpad iz nuklearne elektrane, nastao tokom normalnog rada nuklearne elektrane, je

relativno velikog volumena, ali kratkog vremena poluživota i male aktivnosti i radiotoksičnosti,(Radioactive Waste Management,2,pp. 3-13,IAEA,1984). Slika se mijenja ako se promatraju rizici tokom akcidentnih situacija. Prema izvršenoj analizi rizika različitih dijelova nuklearnog gorivnog ciklusa, koja uključuje procjenu rutinskih rizika rudarenja i mljevenja rude, te procjene akcidentnih rizika proizvodnje nuklearnog goriva, rada nuklearne elektrane, reprocesinga i odlaganja radioaktivnog otpada,a koju je izradio Erdmann sa suradnicima (1979), glavni rizik nuklearne energije potječe od nuklearne elektrane, dok preostali dio nuklearnog gorivnog ciklusa doprinosi ukupnom riziku samo u iznosu od ~1%.

Opasnosti radioaktivnog zagadenja pridružene su ne samo nuklearnom gorivnom ciklusu, nego i ostalim ljudskim aktivnostima čije djelovanje može imati za rezultat prekomjerno izlaganje radioaktivnom zračenju. Briga za zaštitu čovjeka i okoliša treba rezultirati povećanom kontrolom svih potencijalnih proizvođača radioaktivnog zagađenja, pri čemu pravovremena procjena rizika može pomoći u smanjenju opasnosti.

Abstract

RADIOACTIVITIES FROM NUCLEAR AND NON-NUCLEAR FACILITIES

The dangers of radioactive pollution are connected not only with the nuclear fuel cycle, but also with other human activities whose performing can have as a result an excessive exposure to radiation. The concern for the protection of man and environment should result in an increased level of control of all potential producers of radioactive pollution, while the timely evaluation of risks can be of help in reducing the danger.

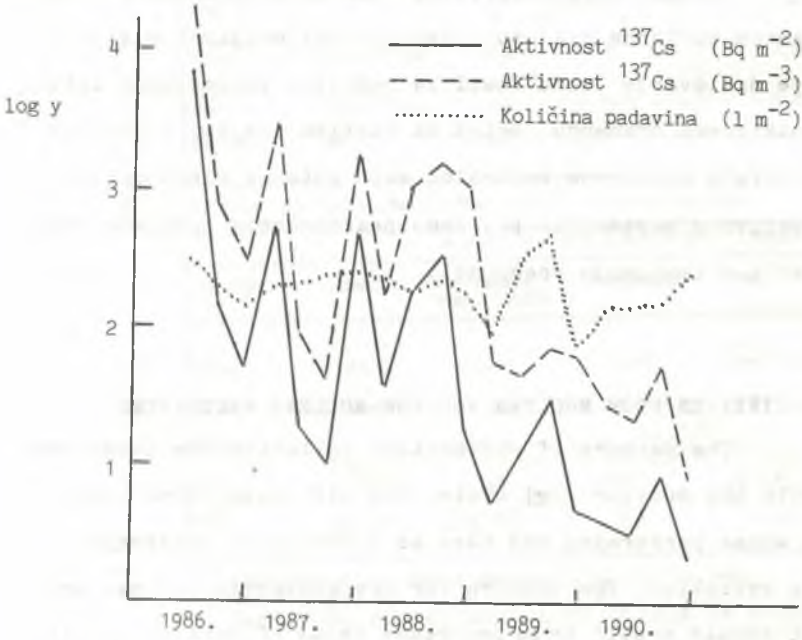
ZAPAŽANJA O PRISUTNOSTI ^{137}Cs U PADAVINAMA OD 1986. DO 1990. GODINE

Dobroslav Cesar, Jadranka Kovač, Alica Bauman
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Sveučilišta u Zagrebu

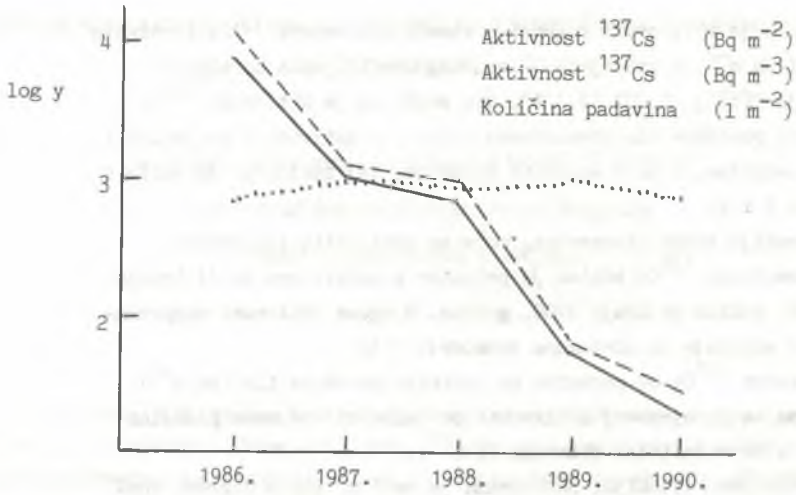
Sažetak

U radu su pokazane zakonitosti opadanja aktivnosti radioaktivnog ^{137}Cs u padavinama od 1986. do 1990. godine izmjerene u Zagrebu.

Od 1986. godine stalno je u padavinama prisutan radioaktivni ^{137}Cs. On je povremeno registriran u padavinama i ranijih godina[1-3]. Ovim radom želi se pokazati kretanje ^{137}Cs u padavinama od 1986. do 1990. godine. U radu su korišteni podaci tromjesečnih uzoraka padavina sakupljenih uvijek na istoj lokaciji u Zagrebu. Uzorkovanje je provedeno po propisanoj metodologiji[4]. Rezultati dobiveni gamaspektrometrijskom analizom prikazani su na slici 1. Godišnje vrijednosti istih podataka prikazane su na slici 2.



Slika 1. Tromjesečne aktivnosti ^{137}Cs u padavinama Zagreba



Slika 2. Godišnje aktivnosti ^{137}Cs u padavinama Zagreba

Na slikama 1 i 2 vidljivo je da se aktivnosti ^{137}Cs u padavinama smanjuju u promatranom periodu. Na slici 1 vidljiva su povremena povećanja aktivnosti ^{137}Cs, pa je tendencija njihovog smanjivanja pokazana izradom pripadajućih regresionih krivulja i značajnošću koeficijenata korelacije[5]. Tako su dobivene vrijednosti:

za Bq m^{-2} $\quad y_1 = 680\ e^{-0,285\ x}$ $\quad$ uz $P(t) < 0,001$

za Bq m^{-3} $\quad y_2 = 2966\ e^{-0,267\ x}$ $\quad$ uz $P(t) < 0,001$

gdje je:

y_1 = aktivnost ^{137}Cs po jedinici površine tla (Bq m^{-2})
y_2 = aktivnost ^{137}Cs po jedinici volumena padavina (Bq m^{-3})
x = redni broj tromjesečja od 1 do 19 (II tromjesečje 1986 pridjeljen je $x = 1$)

Rezultati statističke obrade pokazuju da aktivnost ^{137}Cs u padavinama eksponencijalno opada s vremenom i to uz značajnost od 0,1 %.

Urađena je i linerana regresija izmedu aktivnosti ^{137}Cs izraženim u Bq m^{-3} i Bq m^{-2}, a značajnost linearnog koeficijenta korelacije iznosila je $P(t) < 0,001$ (0,1 %), što znači da je aktivnost ^{137}Cs po jedinici površine tla prvanstveno ovisila o aktivnosti po jedinici volumena padavina, a ne o količini padavina. Taj zaključak je vidljiv i sa slika 1 i 2.

Na temelju svega iznesenoga, može se zaključiti slijedeće:

Radioaktivni ^{137}Cs stalno je prisutan u padavinama od II tromjesečja 1986. godine do kraja 1990. godine. Njegova aktivnost eksponencijalno se smanjuje uz povremene skokove.

Aktivnost ^{137}Cs od padavina po jedinici površine tla (Bq m^{-2}) proporcionalna je njegovoj aktivnosti po jedinici volumena padavina (Bq m^{-3}), a ne o količini padavina (l m^{-2}).

U proteklom razdoblju, padavinama je na 1 m^2 tla u Zagrebu dospjelo 9 kBq ^{137}Cs, od čega oko 80 % u 1986. godini, a tokom 1990. godine svega 0,2 %.

Abstract

THE PRESENCE OF ^{137}Cs IN THE FALLOUT FOR THE PERIOD 1986.-1990.

The paper gives the levels of ^{137}Cs in fallout measured at the same site in Zagreb from 1986 to 1990. The pattern of Cs-137 in the fallout is shown for the investigated period.

Literatura

(1) Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1981., 1982. i 1983. godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo, socijalnu zaštitu. Beograd (1985).

(2) Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1984. godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo, socijalnu zaštitu. Beograd (1986).

(3) Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1985. godinu. Savezni komitet za rad, zdravstvo, socijalnu zaštitu. Beograd (1987).

(4) Pravilnik o mjestima, metodama i rokovima ispitivanja kontaminacije radioaktivnim tvarima. Sl. list SFRJ 40/86. (1986) 1190.

(5) I. Pavlić: Matematička statistika. Privreda, Zagreb (1962).

KONCENTRACIJE RADONA U DEČIJIM VRTIĆIMA U BEOGRADU I OKOLINI

G.Djurić, D.Popović, J.Vaupotič*, I.Kobal*, P.Stegnar*

Veterinarski fakultet Univerziteta u Beogradu

*Institut Jožef Stefan, Ljubljana

U V O D

U novembru 1990. godine izmerili smo koncentracije radioaktivnog gasa radona u 104 vrtića iz 10 opština u Beogradu i okolini. Svrha ovih preliminarnih merenja bila je u dobivanju pregleda koncentracija radona u vrtićima i time izloženosti predškolske dece jonizujućem zračenju koji potiče od Rn-222 te njegovih kratkoživećih potomaka.

ANALITIČKE METODE

Trenutne koncentracije radona su bile izmerene alfa scintilacionom metodom (Kobal i saradnici, 1988) posle uzimanja uzorka vazduha iz predhodno zatvorenih izabranih prostorija (oko 12 sati pre merenja), u kojima se deca najduže zadržavaju tokom svog boravka u vrtićima. Istovremeno sa uzimanjem uzoraka vazduha prenosnim gama scintilacionim brojačem izmerili smo i brzinu doze gama zračenja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na slikama 1 i 2 prikazane su trenutne koncentracije radona u 104 vrtića iz 10 opština u Beogradu i okolini: Stari grad, Vračar, Savski venac, Čukarica, Novi Beograd, Zemun, Palilula, Zvezdara, Voždovac i Rakovica. Iz grafičkog prikaza (Slika 4) vidi se da su bile prosečne koncentracije radona u pojedinim vrtićima različite, a i dosta variabilne unutar opština.

Raspon koncentracija radona v vazduhu svih 104 vrtića bio je od 20 do 220 Bq/m^3, a prosečna koncentracija Rn-222 sa standardnom deviacijom bila je 59 ± 41 Bq/m^3 vazduha. Ove su koncentracije relativno niske uzimajući u obzir uzorke vazduha u nepovoljnim uslovima (zimi, zatvorene prostorije, loše provetravanje), i time konzervativan pristup ka trenutnim merenjima radona.

Slika 3 prikazuje frekventnu distribuciju broja vrtića u odnosu na raspon koncentracija radona u kojoj samo 12 vrtića iskazuje koncentracije radona veće od 100 Bq/m^3. Koncentracije u tom rangu (100 do 220 Bq/ m^3) verovatno su posledica gradjevinskih materiala, posebno u starim zgradama, koji sadrže povećane koncentracije prirodnih radionuklida, pa time i Rn-222.

U nastavku merenja koje je još u toku, u svim vrtićima s trenutnim koncentracijama radona više od 100 Bq/m^3, pratimo koncentracije radona kroz duži vremenski period (3 meseca) primenom čvrstih nuklearnih detektora tragova što će dati kvalitetnu osnovu za izračunavanje doze jonizujućeg zračenja i time mogućnost za ocenu eventualno povećane ekspozije dece radonu u vrtićima. Paralelno s radonom meri se termoluminiscentnom dozimetrijom i apsorbovana doza gama zračenja.

LITERATURA

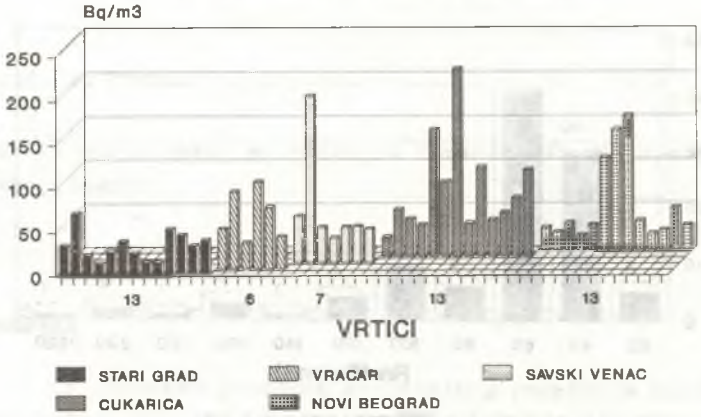
Kobal, I., Vaupotič, J., Burger, J., Environment International, 1988, 14, 345-348.

INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN KINDERGARTENS FROM BELGRADE AND ITS VICINITY

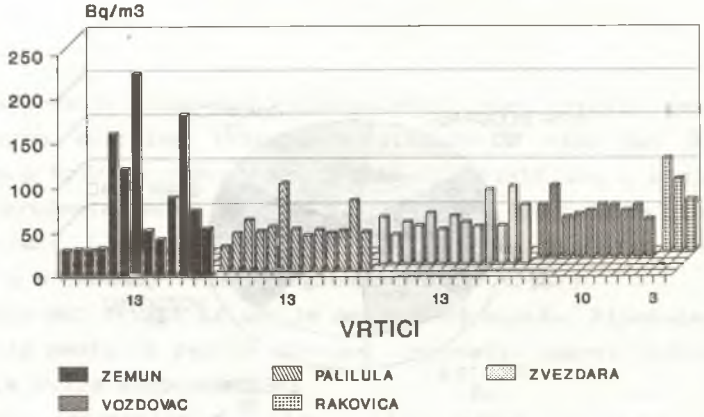
ABSTRACT

In November 1990 instantaneous radon concentrations in air were measured in 104 kindergartens from Belgrade and its vicinity. Alpha scintillation counting was used as a screening method, and the measurements were carried out in the rooms where children spent the majority of their time. The indoor radon concentrations were generally low, in the range from 20 to 220 Bq m^{-3}, with an overall average of 59 ± 41 Bq m^{-3}. There were 12 kindergartens where indoor radon levels exceeded 100 Bq m^{-3}; this was mainly in old buildings containing higher amounts of natural radionuclides in the building materials. In all rooms with a level exceeding 100 Bq of Rn-222 per m^3, solid state nuclear track detectors were applied for long-term measurements, together with thermoluminiscent dosemeters for gamma radiation.

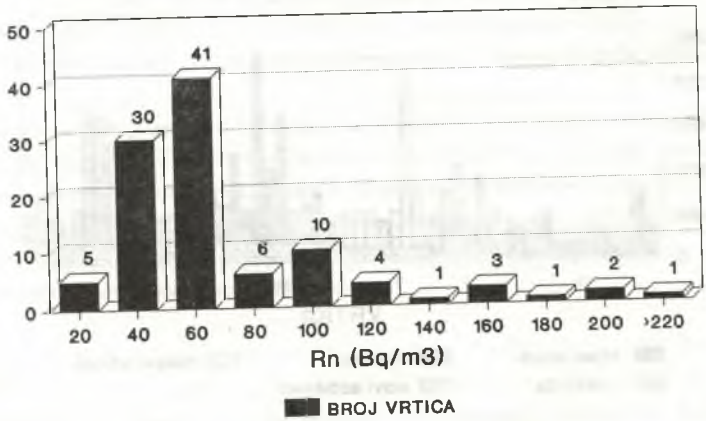
Slika 1: RADON U VRTICIMA



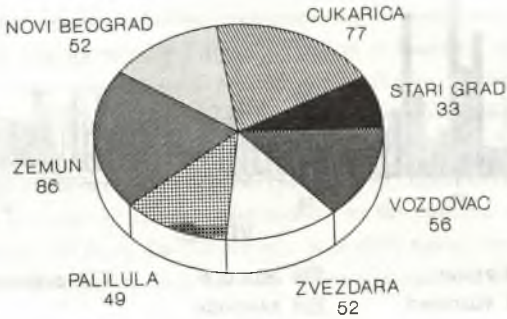
Slika 2: RADON U VRTICIMA



Slika 3: Frekventna distribucija



Slika 4: RADON U VRTICIMA
Prosecne koncentracije (Bq/m3)



Koncentracija tricija u hrani

Z. Franić, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Sažetak

Za pouzdanu procjenu eventualnog povećanja doze općoj populaciji uslijed tricija, potrebno je mjeriti stacionarne koncentracije tricija u različitim dijelovima ekosistema. Može se zaključiti da okoliš u Republici Hrvatskoj nije perturbiran ikakvim lokalnim ispuštanjima tricija.

Uvod

Djelovanje nuklearno-energetskih postrojenja rezultira povećanjem količine tricija u atmosferi, tako da je nivo prirodnog tricija višestruko nadmašen. Tricij ulazi u globalni ciklus kruženja vode u prirodi ulazeći u sve komponente biosfere, uključujući i čovjeka. Tricij u biološkim uzorcima obuhvaća tricij u slobodnoj vodi i organski vezani tricij.

Organski vezani tricij je povezan uz sadržaj biosintetičkih produkata nastalih rastom stanica. Organski vezani tricij ima najmanje dvije komponente,

a) brzo izmjenjiva frakciju (tricij vezan za kisik dušik i sumpor)

b) sporo izmjenjiva frakcija (tricij vezan za ugljik).

Omjer spečificnih aktivnosti tricija u slobodnoj vodi i organski vezanom triciju iznosi od 0.2 do 0.6 /1/.

U ovom radu ispitavane su koncentracije tricija u slobodnoj vodi prehrambenih proizvoda, pitkoj vodi te padavinama.

Materijal i metode

Uzorci su brojani na Tri-Carb 2060XL tekućem scintilacijskom brojaču. Volumen uzoraka bio je 20 ml (8 ml vode i 12 ml scintilatora Instagel. Voda je iz uzoraka dobivena azeotropskom destilacijom pomoću toluena /2,3/. Vrijeme brojanja ovisilo je o aktivnosti uzoraka, ali nije bilo kraće od 100 minuta. Efikasnost brojača odredivana je internom standardizacijom pomoću standarda Amersham te Atomic Energy of Canada Limited. Efikasnost je bila 21.5 ± 0.1 % .

Prilikom brojanja uzoraka tako niske aktivnosti najvažnije je imati kvalitetnu vodu za mjerenje osnovnog zračenja, tzv. mrtvu vodu. Korištena je desetak godina stara mrtva voda, iz dubokih oceanskih slojeva, dobivena od Svjetske zdravstvene organizacije (WHO). Tipična vrijednost osnovnog zračenja bila je 2.18 ± 0.15 impulsa u minuti.

Rezultati i diskusija

Izmjerene koncentracije tricija u pojedinim namirnicama prikazane su u tablici 1.

Tablica 1

Uzorak	Aktivnost Bql^{-1}
krumpir (*Solanum tuberosum*)	2.5 ± 2.0
kupus (*Brassica oleracea*)	4.6 ± 1.7
grah (*Phaseolus vulgaris*)	5.0 ± 2.5
pšenica (*Triticum aestivum*)	8.0 ± 1.4
kruška-lišće (*Pyrus communis*)	20.7 ± 1.7
salata (*Lactuca sativa*)	2.1 ± 0.7
srdele (*Clupea pilchardus*) Split	11.5 ± 2.2
šaran (*Cyprinus carpio*)	38.2 ± 4.2
som (*Silurus glanis*)	29.3 ± 1.5
divlja svinja (*Sus scrofa*)	4.0 ± 1.5
srna (*Capreolus capreolus*)	4.0 ± 2.0
jaje (žumanjac)	10.4 ± 2.3
jaje (bjelanjac)	14.6 ± 2.7
mlijeko (Bistra)	20.7 ± 3.1 - 36.0 ± 2.4

U krumpiru, kupusu, grahu i pšenici aktivnosti tricija u slobodnoj vodi se kreću od 2.5 do 8 Bql^{-1}. Te vrijednosti usporedive su s ranijim opažanjima /4/. Manja odstupanja mogu se objasniti regionalnim i sezonskim varijacijama koje u slučaju tricija mogu biti vrlo značajne.

Aktivnosti tricija u salati i lišću kruške sličnije su koncentracijama u atmosferskoj vlazi nego koncentracijama u tlu. Očito se slobodna voda iz lišća ekvilibrira s atmosferskom vlagom, što je u skladu s ranijim opažanjima /5/.

Koncentracija tricija u srdelama osjetno je niža od koncentracija u ispitivanim vrstama riječnih riba.

Za usporedbu, u tablici 2 prikazane su koncentracije tricija u nekim uzorcima okoliša i urina.

Tablica 2

Uzorak	Aktivnost Bql^{-1}
vodovodna voda (Zagreb)	4.9 ± 1.6 - 9.6 ± 4.7
kiša (Zagreb)	8.0 ± 1.7 - 30.9 ± 2.3
savska voda	4.4 ± 1.5 - 19.9 ± 3.7
morska voda (Split)	4.4 ± 1.6
snijeg (Zagreb)	12.0 ± 2.3
vlaga iz zemlje (Zagreb)	46.5 ± 2.9
atmosferska vlaga (Zagreb)	21.7 ± 4.7
urin	16.6 ± 2.1 - 19.0 ± 2.6

Prosječne koncentracije tricija u kumulativnim mjesečnim uzorcima kiše, mlijeka i vodovodne vode (podsljemenski izvori) pokazuju osjetnu varijabilnost. Koncentracije tricija u urinima nekolicine ispitanika kretale su se od 16.6 do 19.0 Bql^{-1}.

Koncentracije tricija u vodovodnoj vodi, odnosno vodenoj frakciji uzoraka hrane biljnog podrijetla su osjetno manje od koncentracija tricija u urinu. To ukazuje na postojanje mehanizama metaboličke transformacije organski vezanog tricija iz hrane u slobodni tricij.

Literatura

1. Technical Reports Series No. 207., Tritium in Some Typical Ecosystems, International Atomic Energy Agency, Vienna 1981.

2. Wickenden D. A., Determination of Tritiated Water in Biological Matrices, Safety and Analysis Division, Winfrith Technology Centre, AEA Technology, Winfrith, Dorset

3. Franić Z., Bauman A., Odredivanje tricija u mlijeku, Sinopsisi radova IV jugoslavenskog simpozija o analitičkoj kemiji, Split 1985.

4. Shun´ichi Hisamatsu, Yoshikazu Inoue, Yukio Takizava, Tritium Concentrations in Some European Food, J. Environ. Radioactivity, **10**, 1989.

5. Brown R.M., Tritium in the Environment, Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River Nuclear Laboratories, Report CRNL-2739-4, Chalk River 1986.

Zahvala

Najljepše se zahvaljujem Jasminki Senčar na pomoći pri realizaciji ovog rada.

Abstract

Tritium Concentrations in Foods

Z. Franić, A. Bauman

Institute for Medical Research and Occupational Health, University of Zagreb, Zagreb

For a reliable evaluation of any increased dose contribution to the members of general population due to tritium, it is necessary to measure the equilibrium environmental tritium levels in various compartments of the ecosystem. Data collected that way are used to establish the background concentrations of fallout tritium. It can be concluded that most of Croatian environment is not perturbed by any local discharges of tritium.

XVI.Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja ,Neum, 28-31.05.1991.godine

TRIDESET GODINA MERENJA RADONA 222 U RADNOJ I ŽIVOTNOJ SREDINI (1960 -1990)

Hajduković D.

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

Kratak sadržaj. Počev od 1960.g. obavljen je veliki broj kontrolnih merenja koncentracije radona 222 u jamama 6 uranskih istražnih rudnika. Od 1961.g. u 10 a kasnije u još 13 neuranskih metaličnih rudnika(Pb-Zn,Cu,Hg,Mn and Sb). Od 1961.g. obavljana su merenja u inhalatorijumima oko 10 radonskih banja i izvora , u raznim terapeutskim centrima.Obavljana su merenja radona i u radnoj sredini gde se Ra 226 primenjivao u terapijske svrhe. Radon je meren u pogonu za preradu urana, okolini rudnika,banja i rehabilitacionih centara.

Uvod

Prvih decenija dvadesetog veka radon 222 je smatran lekovitom materijom što je dovelo do otvaranja mnogih lekovitih banja,da bi se tridesetih godina ovog veka ,kada je utvrdjen profesionalni karakter raka pluća rudara Schneeberga i Joachimova tretirao kao veoma opasan po zdravlje lica profesionalno izloženih radonu i njegovim potomcima.

Poseban interes za izučavanje radona i potomaka porastao je posle drugog svetskog rata,kada je usled otvaranja brojnih uranskih rudnika i naglog razvoja proizvodnje nuklearnih sirovina i njene industrije ,došlo do ekspozicije radonu velikog broja radnika u eksplotaciji,proizvodnji i preradi nuklearnih sirovina.

Šesdesetih godina u svetu se kontrolišu koncentracije radona i potomaka i u neuranskim rudnicima.Pokazalo se da rasejanost urana u litosferi i u količinama koje nemaju značaja za eksploataciju ,da je moguće postojanje radona i potomaka u koncentracijama uvek dovoljnim da mogu kontaminirati radnu sredinu u uslovima koji postoje u podzemnoj rudarskoj eksploataciji.

Sredinom sedamdesetih godina porastao je interes i za izlaganje stanovništva u životnoj sredini ,kako u slobodnom prostoru tako i u stanovima.Uz ovo se vezalo i ispitivanje intenziteta emanovanja radona iz tla kao i ispitivanje gradjevinskog materijala.

Kao i u svetu i kod nas je postojala pedesetih godina intenzivna geološka prospekcija u cilju nalaženja uranskih orudnjenja .Kalna je istraživana počev od 1949.godine. Krajem 50-tih godina započeti su istražni radovi.Na inicijativu SKNE i u saradnji sa francuskom službom zaštite u rudnicima,koju je vodio J. Pradel,počelo se u Institutu sa pripremama za merenje koncentracije radona 222 u jamskim uslovima.

Uranski istražni jamski radovi i rudnici

Uvedena je merna metoda scintilacione tehnike merenja; uzimanje uzorka vazduha sa radonom u scintilacione bočice ,sa unutrašnje strane premazane ZnS,zapremine 125ml ,koje se pre ulaska u jamu vakuumiraju.Merna metoda i oprema bila je CEA Francuska(1).

Prvo kontrolno merenje radona 222 u vazduhu radne sredine obavljeno je 22.09.1960.g. u jami Mezdreja u Kalni, u 1961.g. u drugoj jami Gabrovnica i kasnije u istražnoj jami Inovska Reka (Kalna) i Zletovska Reka blizu izvora istoimene reke ispod Osogovskih planina. Na potkopu I Žirovskog Vrha prma merenja su obavljena 15.04.1961.g.

Zbog izuzetno loših radnih uslova(suvo bušenje) i loše ventilacije, te izmerene prve koncentracije bile su visoke(2):

KALNA -MEZDREJA	od najmanje :	666 Bq/m^3	do najveće:	36,3 kBq/m^3
KALNA GABROVNICA	" :	740 "	"	121,7 "
KALNA-INOVSKA R.	" :	13,9kBq/m^3	"	51,0 "
ZLETOVSKA REKA	" :	12,0 "	"	342,0 "
ŽIROVSKI VRH	" :	37,0 "	"	51,8 "

Kasnija merenja (2),(3),(4),(5),(6) u jamama Kalne pokazuju i dalje visoke koncentracije ,takodje i u Zletovskoj Reci. U rudniku Žirovski Vrh koncentracije su smanjene posle 1965.g. kada je uvedena mehanička ventilacija (6),(7).

Ma da je dosta teško dati dobar pregled srednjih vrednokoje se nalaze u rasponu više od tri potencije ,orijentaciono - srednje vrednosti bi bile:

R u d n i c i		1963	1964	1965	1966	1967	1968 .god
KALNA-Mezdreja , Gabrovnica i Inovska R	kBq/m^3	6,3	24,7	72,8	..	..	..
ZLETOVSKA REKA	kBq/m^3	..	..	66,5	13,3	13,6	36,0
ŽIROVSKI VRH	kBq/m^3		33,6	54,9	14,0	14,2	13,5

Srednje vrednosti za sva merenja do 1969.g. bilo je : KALNA : 29,0 , ZLETOVSKA REKA : 27,5 i ŽIROVSKI VRH: 27,2 kBq/m^3

Kad se izdvoje jame u Kalni ima se srednja vrednost za Mezdreju 14,7 , za Gabrovnicu 29,5 , za Inovsku Reku 51,0 (koja je kratko eksploatirana) i za Zltovsku Reku kasnije sniženo na 16,8 kBq/m^3. Poboljšanje uslova rada i ventilacije u Žirovskom Vrhu imao je i dalje tendenciju pada koncentracija radona ,tako da je za sva merenja do 1976.g. bila srednja vrednost 10,1 kBq/m^3.

U 1964.g.prilikom posete rudnicima D.Holaday(5) je vršio prikazivanja merenja kratkoživećih potomaka radona i u rudniku Mezdreja našao vrednosti od 0,44 do 1,6 WL , a u Žirovskom Vrhu 7,7 - 8,4 i 9,1 WL. Nakon toga vršena su stalno merenja kratkoživećih potomaka istovremeno kada su vršena merenja i radona.U Kalni su izmerene vrednosti od 4,56 do 12,5 WL, u Zletovskoj Reci od 0,02 do 16,0WL i Žirovskom Vrhu od 0,08 do 11,36 (5) do 1975.g. kasnije od 0,01 do 3,5 WL.

Neuranski rudnici metaličnih ruda

Pedesetih godina u vreme intenzivnih geoloških istraživanja uranskih pojava u regionu Zletovsko-kratovska oblast i Idrijsko-žirovsko ozemlje ,nadjena su izvesna uranska orudnjenja(pehblenda) u Zletovu na IV žici ,u Idriji na II nivou.Tako su prva kontrolna merenja obavljena u Idriji 15.03.1961.g.i izmerene koncentracije od 296 do 4144 Bq/m^3 (2) a kasnijim merenjima naročito u periodu 1972-76.g. koncentracije su bile od 222 do 740 Bq/m^3(2) (6) a srednja vrednost 1050 Bq/m^3.

Prva merenja u rudniku Zletovo(Pb-Zn)ukazala su na visoke koncentracije , najveća 48 kBq/m^3. Srednja vrednost znatno visoka 5860 Bq/m^3 (6)(8)(9)(10).

Početna merenja u rudniku Sase M.Kamenica,nisu ukazivala na visoke koncentracije od 70 do 350 Bq/m^3,sa razvijanjem rudnika povećavale su se i koncentracije,naročito na severnom reviru . U 1976.g. došlo je do pojave visokih koncentracija radona na severnim istražnim hodnicima koji su išli u pravcu istražnog rudnika(koji je tada bio zatvoren)Zletovska Reka. Te 1976.g bilo je u hodnicima severnog revira 354 kBq/m^3 ,radovi su obustavljeni, a pad koncentracije je praćen do 1984.g kada je pao na 3,7 kBq/m^3 (6)(10)(11).

Vršena su merenja u rudniku Rudnik(Pb,Zn) od 74 do 2440Bq/m^3, u Trepči od 70 do 777 Bq/m^3, rudnik bakra Bor od 74 do 250 Bq/m^3, Srebrenica od 200 do 6550 Bq/m^3, sa srednjim vrednostima respekti-

vno : 1054 Bq/m^3 , 196 Bq/m^3 i Srebrenica 1424 Bq/m^3 .(6)

Kasnije je vršena kontrola u sledećim rudnicima i izmerene su sledeće koncentracije radona 222: Lece od 296 do 5698 Bq/m^3, Belo Brdo od 148 do 2850, Brasina od 148 do 3070 i Novo Brdo od 148 do 1060 Bq/m^3.(12). U grupi rudnika olova i cinka : Blagodat, Crnac,Žuta Prlina,Rujevac,Veliki Majdan,Kišnica,Badovac,Ajvalija Brskovo,Šuplja Stijena -koncentracije su bile od 180 do 700 Bq/m^3.

Na ovako visoke koncentracije radona utiču znatna orudnjenja odn. sadržaj Ra 226 u stenama i rudi ali i veoma slaba ventilacija ,pretežno prirodna ili kombinovana sa mehaničkom koja je isuficijentna i skromno realizovana.

Ostala profesionalna i neprofesionalna izlaganja radonu

-Institut je zajedno sa Službom zaštite u RUŽV obavljao kontrolna merenja u Pogonu drobljenja i prerade urana od 1980. g. kao i druga merenja.(19) CRn od 7 do 1550 Bq/m^3.

-Kontrolna merenja u radnim organizacijama koje su primenjivali Ra 226 u terapijske svrhe, u prostorijama aplikacije oko 37 kBq/m^3 najviše do 550 kBq/m^3 u kasi-bunkeru za smeštaj Radijum igala i materijala.

-Od posebnog značaja je bila kontrola koncentracija u inhalatorijumima banja.Prva merenja su bila u Niškoj Banji 15.02.61 u velikom inhalatorijumu-sali gde se radon punio 3 časa: u prvom času 740 , u drugom 984 i trećem 1000 kBq/m^3 (2).Pacijenti su provodili 45 minuta u ovoj atmosferi u toku trosedmične kure. Kasnije koncentracije slične. Modernizovanjem banje uvedeni su individualni inhalatori ,barbutiranjem vode i dodavanjem medikamenata. U Soko Banji prirodno punjen inhalatorijum oko 1800Bq/m^3. U istoj godini aprila prva merenja u Rimskim Toplicama, juna u Banjskoj, u Banji Vrujci i Topuskom septembra 1961. Merene koncentracije iznad kada i bazena ,najviše do 1300 Bq/m^3.

-Vršena su merenja radona u okolini rudnika,nekih banja i klimatskih centara.U okolini su nadjene koncentracije od 18 do 200 Bq/m^3. Najniže vrednosti bile su na Zlatiboru 18 Bq/m^3(pre 1986.g.) Izvršena su prva merenja u kućama okoline Kalne u 1964. g. Nadjene su koncentracije do 750 Bq/m^3,ali kako je u to vreme bila MDK za radon za profesionalno izlaganje u rudnicima 11,1 kBq/m^{3}a u jami se izlagalo koncentracijama od 30 kBq/m^3 -to se u to vreme ,na osnovu tadašnjih shvatanja ,nije obratila dovoljna pažnja i na ovu-dodatnu koncentraciju radona kojoj su rudari

izlagani kod svojih kuća.

Neki istraživački programi vezani za kontaminacije radonom

-Značajna je višegodišnja saradnja sa Ministarstvom zdravlja SAD sa temom:"Studija efekata(biohemijskih,obolenja i smrtnosti) od radioaktivnih štetnosti urana u pogledu zdravlja rudara" (5). Vršena su komparativna ispitivanja 765 rudara uranskih i 604 rudara neuranskih rudnika.

-Vršeni su eksperimenti sa životinjama u pogledu inhalacije radona i prašine SiO_2,sinergetsko dejstvo.Eksperiment se odvijao u inhalatorijumu Niške Banje i Institutu (13).Nadjeno je"da u plućima pacova dominira nodularni tip plućne silikoze" .. i "da se javlja veći broj silik.čvorića,oni brže rastu,češće konfluišu i obrazuju pseudo tumore a maligne alteracije nisu nadjene".

-U elaboratima su obuhvaćeni radni uslovi u jamama rudnika i zdravstveno praćenje .(14).U jednom radu za rudnik olova i cinka Srebrenicu ,sa znatnim koncentracijama radona u radnoj sredini i SiO_2, stoji "da je za 11 godina posmatranja 100 ispitanika bilo obolelih 33,3% od pneumokonioze,tako da se pod pretpostavkom da se ne poprave uslovi rada i zaštite, 99% od broja posmatranih odn. uposlenih ,obolelo bi u toku radnog staža od 30 godina" ,što je često bio razlog da najveći broj rudara ne doživi penziju.

-Obavljana su ispitivanja i istraživanja uslova koji utiču na visinu koncentracija radona u jami. U Kalni je zajedno sa Zaštitom rudnika praćen 30 dana rad na 16 radilišta u pogledu radnih operacija i koncentracija radona (6),(15). Ispitivan je uticaj i efikasnosti ventilacije (6),(16). U rudniku Žirovski Vrh zajedno sa Službom zaštite rudnika vršeno je ispitivanje istovremeno svih štetnosti u jami (17). Takodje je ispitivana efikasnost zaštitnih šlemova i u jako kontaminiranim delovima jame do 40WL (18).

-Uradjena je procena radijacionog rizika za radnike u ispitivanim rudnicima urana i neuranskim rudnicima(6),(20).

-Vezano za inhaliranje radona u inhalatorijumima i u jami rudnika urana ,istraživan je "izdahnuti"vazduh -ekshalacija (21).Eksperiment je obavljan u N.Banji i RUŽV.

-Ispitivano je izlučivanje dugoživećeg radonovog potomka Polonijuma 210 (22) kod lica koja su bila izložena inhaliranju radona 222,bilo u banji ili rudniku urana, izlučivanje preko urina kao i depozicija u kosi.

THIRTY YEARS OF MEASURING OF RADON 222 IN WORKING AND LEAVING AREA (1960-1990)

Hajduković D.

Institute of occupational health and radiological protection,"Dr Dragomir Karajović",Belgrade,Deligradska 29

Summary: Since 1960.y.great number of control measurement concen tration in the pits of 6 uran-mines have been done;since 1961.y. olso in 10 and leter in 13 non-uranium mines of metallic ores (Pb,Zn,Cu,Hg,Mn and Sb).Starting from 1961.y, radon level in inhalatorijum of about 10 radon-mineral water springs various therapeutic centers have been measured.The concentrations of radon in air of working area where Ra 226 was used in therapeutic was controled.Radon was measured olso in environmental of mines,and environments of radon-springs water and health rehabilitations centers.

Bibliografija

(1) Pradel J.,Fuhrman Beneix E.: Bull.' d'inform.scintnet techn. France,no 2, 12(1956)
(2) Izveštaji o merenjima radona 222 u rudnicima,1960-1968
(3) Medjedović M.,Panov D.,Vukotić M.,Raičević P.,Hajduković D.: Kontam.Ra 226 i potom.u rudn.urana. Zbor. II Jug.sim. Mostar,Nov.1965,str.275-284 (1965)
(4) Vukotić M.,Hajduković D.: Le contr.de la radioac.dans les mines d'uran. II Coll.fran.-youg.H.Novi (1966)
(5) Instt.MR i RZ-The study on effects(Biochemical,Morbidity and Mortality) of radioact.const.of U on Health of miners Simpos.spec.progr.Dubrovnik,Okt, pp 181-210(1970)
(6) Hajduković D.:Disertacija.R.G.F.Univer.Beograd (1976)
(7) Hajduković D.,Vukotić M.,Prijatelj I.:Kontr.mer.Rn i RnD u RUŽV(1961-1984),XIII JSZZ,Pula,jun ,str 533-536(1985)
(8) Radovanović R.,Hajduković D.,Kilibarda M.,Vukotić M.,Moračić Lj,: Hig.značaj rad.kontr. r.s.rud. Cu,Pb i Zn, V Jug Kongres,prev.med. Ohrid,Okt.str.546-552(1968)
(9) Radovanović R.,Hajduković D.,Vukotić M.:Rad.u rad.sred.neur. rudn. IV JSZZ,Baško Polje,maj, str.677-686(1969)
(10)Hajduković D.,Kunevski N.:Hig.znač.kontr.rad.u neur.rudb. Pb,Zn,Zletovo. VI JSZZ,Ohrid (1972)
(11)Hajduković D.:Aktuelni prob.zašt.u neur.rud.zlet.-krat.obl. XII JSZZ,Ju.Ohrid(1983)
(12)Hajduković D.:Izlož.radn.Rn 222,Rn-pot.iGD u neu.rud. XV.JUG Sim.ZZ, Priština(1987)
(13)Višnjić V.:Uticaj dugotr.inh.Rn i Rn-pot.i kvarcne praš. na resp.sist.pacova.VII Jug.sim.ZZ,Okt.Kaštel Stari(1973)
(14)Valjarević V.:Elaborat IMRiRZ,Organ.rada,god XXIV,no 9.str 1615,sept(1973)
(15)Hajduković D.:VII Jug.simp.ZZ K.Stari,okt.str 400-406 (1973)
(16)Hajduković D.:VIII Jug.s.ZZ,Herceg Novi,maj.str 483-490(1975)
(17)Hajduković D.,Prijatelj I.:XIII JSZZ,Pula,str 529-532(1985)
(18)Hajduković D.,Rojc J.,Prijatelj I,Arh S.,Struc V.:XV. Jug sim. ZZ,Priština -Ispit.eff.zašt.šlemova u RUŽV.(1989)
(19)Hajduković D.,Prijatelj I,Arh S.,Struc V.: Izlož.radn.u proc. drob.i prerade uran.rude.XV.JSZZ,Priština (1989)
(20)Hajduković D.:Parc.rad.rizik od inh.Rn i Rn-pot.XI JSZZ,Apr. Portorož,str.211-217 Tom I, (1981)
(21)Petrović D.,Panov D.:Telesno opt.Ra 226 kod rud.u rudn.uran. VII JSZZ,Kaštel Stari ,Okt. str.477-485(1973)
(22)Panov D.:Disertacija,Med.fak.Univer.Beograd(1971)

SANACIJA BIVALNEGA OBJEKTA Z VISOKIMI KONCENTRACIJAMI RADONA IN RADONOVIH POTOMCEV

P. Jovanovič
Zavod RS za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

Povzetek

Pri meritvah radona v bivalnih objektih smo naleteli na stanovanjsko hišo z visokimi koncentracijami radona in radonovih potomcev. Maksimalne koncentracije v kleti so dosegale vrednosti do 20000 Bq/m^3 oziroma 3 WL, v dnevni sobi pa 3000 Bq/m^3 oziroma 0.5 WL. Sanirali smo tla v kleti in znižali koncentracije v kleti za polovico, v dnevni sobi pa za četrtino.

Uvod

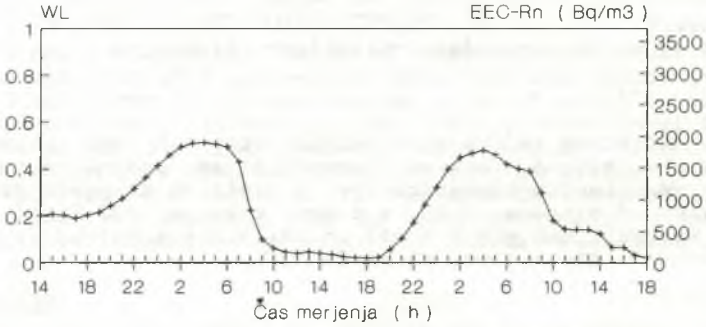
Pri meritvah radona v bivalnih objektih smo naleteli na stanovanjsko hišo z visokimi koncentracijami radona in radonovih potomcev. To je stara obnovljena hiša, zidana iz kamna, tla so ilovnata. Na sredi stavbe je hodnik, iz katerega vodijo stopnice v majhno klet s površino približno 6m^2. Na tleh je ilovnata prst. Nahaja se pod spalnico. Nad vhodom v klet je odprtina za prezaračevanje, ki sega na hodnik. Ostali prostori niso podkleteni.

Meritve pred sanacijo kleti

S kasetami na aktivno oglje smo merili koncentracijo radona v kleti in bivalnih prostorih. Tridnevna povprečna koncentracija radona v kleti je bila 16500 ± 350 Bq/m^3, v kuhinji, spalnici in dnevni sobi pa 1250 +/- 60 Bq/m^3, 1550 +/- 75 Bq/m^3 in 1360 +/- 65 Bq/m^3 zapovrstjo.

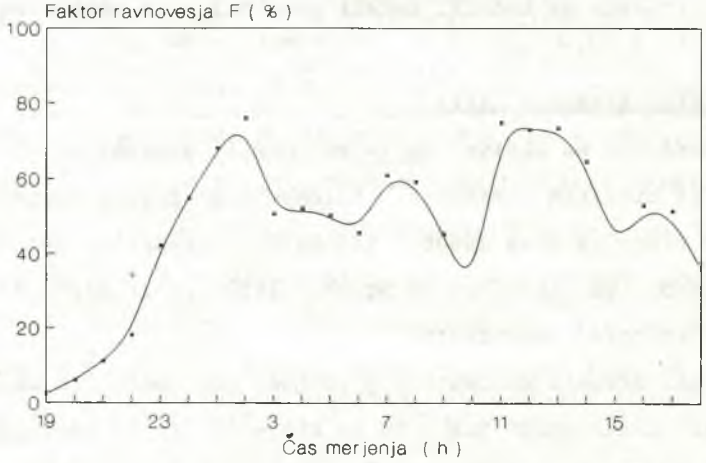
Zaradi visokih koncentracij radona smo ponovili meritve z merilnimi instrumenti RGA - 40 in WLM - 30, ki ju izdeluje firma SCYNTREX iz Kanade. Merili smo časovni potek koncentracij radona

Graf 1. Koncentracija radonovih potomcev
Obdobje od 11.11.90 do 13.11.90
pred sanacijo kleti



14.00-7.00 vse zaprto; 7.00-20.00 okna odprta; 20.00-8.00 vse zaprto; 8.00-18.00 okna odprta, klet zaprta

Graf 2. Faktor ravnovesja F med radonom in njegovimi potomci



Obdobje od 12.11.90 do 13.11 90

in radonovih potomcev pri različnih pogojih v kleti in dnevni sobi.

Maksimalne koncentracije radona in radonovih potomcev v kleti so dosegale vrednosti do 20000 Bq/m^3 oziroma 3 WL, v dnevni sobi pa 3000 Bq/m^3 oziroma 0.5 WL.

Na grafih 1 in 2 sta prikazana časovna poteka koncentracije radonovih potomcev in faktorja ravnovesja v dnevni sobi. Na grafu lahko opazimo povišanje koncentracije radonovih potomcev v nočnem času, ko so bila okna zaprta in močno znižanje podnevi, ko je bilo odprto okno v dnevni sobi. Po zaprtju okna je koncentracija radonovih potomcev že po nekaj urah dosegla prejšnji nivo.

Rezultati meritev so pokazali, da se da s prezračevanjem bivalnih prostorov občutno zmanjšati koncentracijo radona in radonovih potomcev. Vendar daljše ali večkratno prezračevanje v zimskem času, še posebno ponoči, ni priporočljivo zaradi prevelikih izgub toplote.

Predvidevali smo, da bi izolacija tal v kleti in zaprtje odprtine za zračenje kleti preprečilo uhajanje radona in radonovih potomcev v bivalne prostore. Tla v kleti smo zalili s plastjo betona, na katerega smo položili izotekt in PVC-folijo, nakar smo vse skupaj zalili z betonom.

Meritve po sanaciji kleti

Ponovne meritve so pokazale do dvakrat nižje koncentracije radona v kleti, v dnevni sobi pa so bile koncentracije radona in radonovih potomcev približno za četrtino nižje kot pred izolacijo tal v kleti.

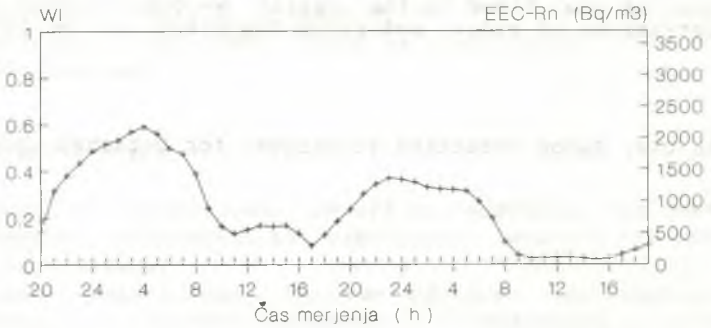
Na grafu 3 je prikazan časovni potek koncentracije radonovih potomcev v dnevni sobi po sanaciji tal v kleti. Prvi del grafa od 20. ure zvečer do 6. ure zjutraj prikazuje koncentracijo potomcev v dnevni sobi, ko je bila klet zaprta, vrata sobe pa odprta. Drugi del grafa od 6. do 18. ure prikazuje koncentracijo potomcev,ko so bila odprta vrata na hodnik in okno v dnevni sobi. Tretji del grafa od 18. ure zvečer do 6. ure zjutraj pa prikazuje koncentracije potomcev, ko sta bili zaprti klet ter vrata in okna v dnevni sobi. Zadnji del grafa prikazuje koncentracije potomcev, ko so bila odprta okna in vrata v dnevni sobi ter okno na podstrešju. Na grafu 4 je prikazan potek faktorja ravnovesja med radonom in radonovimi potomci.

Zaključek

Z izolacijo tal v kleti nismo občutno znižali koncentracije radona in radonovih potomcev v hiši. Vzrok za to najbrž ni samo v uhajanju radona iz kleti v druge prostore, pač pa tudi v preslabi izolaciji tal v ostalih bivalnih prostorih.

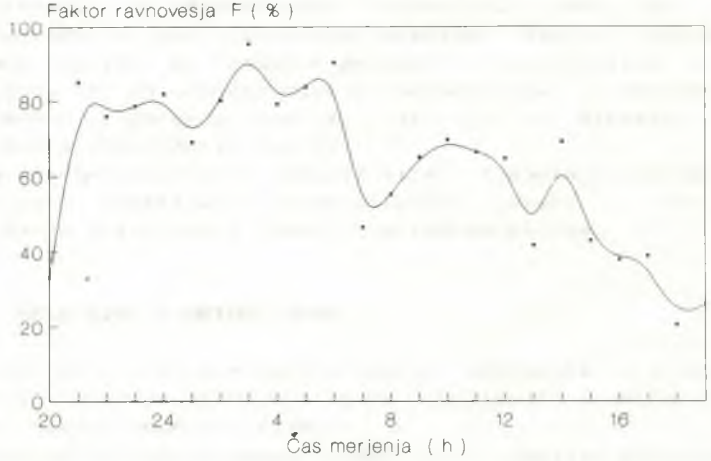
Na podlagi meritev smo prišli do zaključka, da bi bilo najboljše, če bi zaprli zračenje kleti v notranjost objekta in napeljali zračnike iz kleti na prosto. V kolikor na ta način ne bi dosegli zadostnega znižanja koncentracij, bi bilo potrebno urediti prisilno prezračevanje izpod bivalnih prostorov. Ker pa so te sanacije nujno povezane z visokimi stroški, je v tem trenutku še najboljša metoda zračenje bivalnih prostorov (odpiranje oken in vrat).

Graf 3. Koncentracija radonovih potomcev
Obdobje od 4.12.90 do 6.12.90
po končani sanaciji kleti



20.00-6.00 vse zaprto; 6.00-18.00 odprta okna; 18.00-6.00 klet zaprta, vrata odprta; 6.00-18.00 klet zaprta,okna odprta

Graf 4. Faktor ravnovesja F med radonom in njegovimi potomci



Obdobje od 4.12.90 do 6.12.90

Abstract

We measured high concentrations of radon and radon daughters in the living room in a house with poor basement izolation. Maximal values were 3000 Bq/m^3 for radon and 0.5 WL for daughters. With izolation of the floor in the cellar we obtain obout 25 % lower concentrations of radon and radon daughters in the living room.

Literatura:

EPA/626/5-86/019; Radon Reduction Techniques for Detached Houses.

SPECIFICNA AKTIVNOST PRIRODNIH I FISIONIH RADIONUKLIDA U SEDIMENTIMA VJESTACKIH JEZERA

Kljajic R., Mihalj A. i Samek D.
Veterinarski fakultet, Zavod za radiologiju, V. Putnika 134, 71000 Sarajevo

R E Z I M E

U radu su diskutovani rezultati mjerenja radioaktivnosti u sedimentu i priobalnom tlu vjestackih jezera u BiH (Busko blato, Modrac i Bileca).
Gamaspektrometrijskom analizom odredjen je sadrzaj vaznijih prirodnih i fisionih radionuklida u sedimentu i priobalnom tlu navedenih jezera.
Dobiveni rezultati ukazuju da je stepen kontaminacije kako prirodnim tako i fisionim radionuklidima najvisi u sedimentu i priobalnom tlu Bileckog jezera.

U V O D

Zbog sve ucestalijih slucajeva zagadjivanja akumulacionih jezera i istovremeno rastucih potreba za "cistom" vodom, problematika zastite voda od zagadjivanja postaje sve aktuelnija. Zbog svoje mobilnosti i sposobnosti otapanja, vode su vjerovatno najugrozeniji dio covjekove sredine. Sadrzaj radionuklida u vodama zavisi od osobina pojedinih radionuklida i vodonosne sredine, te od koncentracije radionuklida u priobalnom tlu i sedimentu jezerskog korita, ali je i direktna posljedica covjekove djelatnosti (1, 3)
Ovim radom zeljela se dobiti slika trenutnog stanja zagadjenja vaznijih vjestackih akumulacionih jezera u BiH, bioloski znacajnim prirodnim i vjestackim radionuklidima.

MATERIJAL I METODE RADA

Istrazivanja stepena kontaminacije sedimenta i priobalnog tla vrsena su tokom 1990. godine na vjestackim akumulacijama u BiH: Busko blato, Modrac i Bileca.
Za laboratorijsku gamaspektrometrijsku analizu koristen je cisti germanijum detektor firme "ORTEC". Relativna efikasnost detektora

je 25% na 1.33 MeV, rezolucija 1.95 keV/1.33 MeV i odnos Peak Compton iznosi 52:1 (Co-60). Detektor je preko pojacivaca "Ortec-459" i spektroskopskog pojacala "Ortec-672" povezan sa ADCAM ACE Multichannel analyzer 4096 kanalnom karticom (916 ADCAM) i IBM PC kompatibilnim kompjuterom (2).
Na lokacijama gdje je uzorkovano priobalno tlo izvrseno je i mjerenje brzine integralne ekspozicione doze gama zracenja sa visokoosjetljivom jonizacionom komorom "Silena".

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati istrazivanja su statistiki obradjeni i prikazani tabelarno (Tabele 1,2 i 3).
Uzorci sedimenta vjestackih jezera (Tabela 1.) pokazuju najvisu specificnu aktivnost za K-40 i te vrijednosti se krecu od 154,63 (Modrac) do 284,90 Bq/kg (Busko blato). Od vjestackih radionuklida Cs-137 pokazuje najvisu izmjerenu vrijednost od 167,93 Bq/kg u sedimentu Bileckog jezera, dok su vrijednosti za Cs-134 od 5,49 (Busko blato) do 8,84 Bq/kg (Bileca).

Tabela 1. Specificna aktivnost sedimenta vjestackih jezera

Radionuklid	Aktivnost Bq/kg		
	Modrac	Busko blato	Bileca
K-40	154,63+-17,37	284,90+-23,53	228,39+-24,73
U-238	18,27+- 4,27	11,22+- 3,35	68,20+- 8,26
Ra-226	17,47+- 5,35	46,97+- 6,92	98,20+- 8,71
Th-232	22,67+- 8,76	56,66+- 6,75	33,86+- 7,57
Cs-137	60,58+- 3,04	96,09+- 3,74	167,93+- 5,32
Cs-134	6,97+- 1,49	5,49+- 1,56	8,84+- 2,09

Od prirodnih radionuklida u uzorcima priobalnog tla najvisa specificna aktivnost utvrdjena je na Bileckom jezeru (U-238 329.23 Bq/kg i K-40 325,81 Bq/kg). Takodjer, i za fisione radionuklide je najvisa aktivnost utvrdjena na istome lokalitetu

(Cs-137 768,13 Bq/kg i Cs-134 72.18 Bq/kg) (Tabela 2). Istovremeno je na priobalnom tlu Bileckog jezeru izmjerena i najveca brzina ekspozicione doze gama zracenja (na 1 m iznad tla iznosi 4,386 nC/kgh) (Tabela 3), sto ukazuje da je ovo podrucje pored viseg sadrzaja prirodnih radionuklida bilo i znacajnije kontaminirano cernobiljskim radioaktivnim padavinama.
Izmjereni nivoi specificnih aktivnosti ispitivanih radionuklida ukazuju na neophodnost redovne kontrole ne samo fisionih nego i prirodnih radionuklida u vodenim akumulacijama.

Tabela 2. Specificna aktivnost priobalnog tla vjestackih jezera

Radio-nuklid	sloj tla (cm)	Aktivnost Bq/kg Modrac	Busko blato	Bileca
K-40	0-5	197,17+-22,20	273,42+-23,39	256,69+-26,81
	5-10	322,16+-21,79	324,09+-23,03	315,24+-25,06
	10-15	298,13+-20,92	262,24+-22,35	325,81+-23,60
U-238	0-5	11,48+- 3,21	97,77+- 9,89	232,06+-15,23
	5-10	18,72+- 4,32	78,50+- 8,86	258,49+-16,08
	10-15	49,99+- 7,07	66,31+- 8,51	329,23+-18,14
Ra-226	0-5	15,13+- 3,33	40,24+- 4,11	158,18+-17,79
	5-10	20,38+- 3,28	45,26+- 3,56	184,50+-16,72
	10-15	13,61+- 7,35	40,09+- 3,64	193,39+-16,38
Th-232	0-5	22,34+- 6,06	44,16+- 8,37	45,54+- 8,88
	5-10	28,49+- 8,13	54,80+- 7,73	54,78+- 6,24
	10-15	34,14+- 5,56	54,51+- 5,30	54,87+- 7,51
Cs-137	0-5	14,36+- 2,10	123,22+- 4,20	768,13+-10,14
	5-10	18,94+- 2,16	40,17+- 2,72	299,34+- 5,88
	10-15	18,04+- 2,06	16,40+- 2,38	177,48+- 4,55
Cs-134	0-5	3,03+- 1,36	15,70+- 2,06	72,18+- 3,95
	5-10	2,78+- 1,36	7,38+- 1,65	21,15+- 2,27
	10-15	1,70+- 1,21	6,18+- 1,56	17,41+- 1,98

Tabela 3. **Brzine ekspozicionih doza gama zracenja**

Lokalitet	Doza (nC/kgh)
1. Modrac	1,806
2. Busko blato	3,096
3. Bileca	4,386

ZAKLJUCAK

S obzirom na relativno visoku koncentraciju prirodnih i fisionih radionuklida kako u priobalnom tlu tako i u sedimentu bilecke akumulacije, te nesto vece brzine ekspozicione doze gama zracenja, bilo bi neophodno izvrsiti detaljniju kontrolu ekosistema Bileckog jezera.

LITERATURA

1. Barisic D., Lulic S., Miletic P.: Radionuklidi u umjetnim gnojivima i njihov uticaj na podzemne vode. Zbornik radova "Zastita voda '90", 442-450, 1990
2. EG&G Ortec: OMNIGAM, Gamma-ray Spectrum Analysis B30-BI, Softwaare Manual (Version 3.3), USA, 1989
3. M. Eisenbud: Environmental radioactivity. Academic press, INC. Orlando, Florida, 1987

THE SPECIFIC ACTIVITY OF NATURAL AND FISSION RADIONUCLIDES IN THE SEDIMENTS OF ARTIFICIAL LAKES

Kljajic R., Mihalj A. and Samek D.

Abstract

The results of measurements of radioactivity in the sediment and soil of artificial lakes in BiH (Busko blato, Modrac and Bileca) are discussed.The content of more important natural and fission radionuclides is determined by gamaspectroscopy analysis.Obtained results indicate that the level of contamination is the highest in the natural and fission radionuclides of Bileca's lake.

PLUTONIJ U ZRAKU I PADAVINAMA

Jadranka Kovač, Alica Bauman
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Sveučilište u Zagrebu

Sažetak

U ovome su radu prikazane aktivnosti $^{239,240}Pu$ određene u zraku i padavinama na nekoliko lokacija u Hrvatskoj, tijekom poslijednjih pet godina.

Uvod

Plutonij se u prirodi nalazi u vrlo malim količinama, a glavni izvori su nadzemni nuklearni pokusi. Plutonij može ući u tijelo čovjeka ingestijom, kroz povrede i inhalacijom. Od svih tih puteva najvažniji je onaj inhalacijom, jer su oksidi plutonija vrlo teško topivi i zadržavaju se u plućima[1]. Zbog toga je od velike važnosti poznavati aktivnosti plutonija u atmosferi, te njegovo ponašanje u okolišu.

Nakon nesreće u Černobilu, 26. travnja 1986. godine, u Hrvatskoj je opažen nagli porast radioaktivnosti u zraku i padavinama. Prema izvještaju Međunarodne agencije za atomsku energiju[2] predpostavlja se da je 74 TBq $^{239,240}Pu$ i 33 TBq ^{238}Pu ispušteno u atmosferu, zajedno s velikim količinama plinovitih fisionih radionuklida.

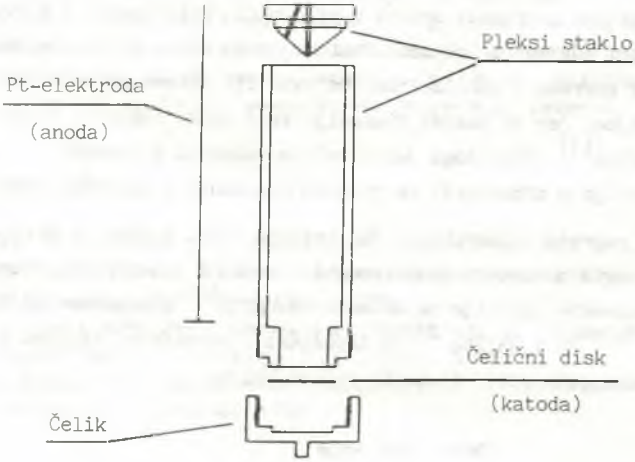
Metode mjerenja

$^{239,240}Pu$ određen je u zraku samo u **ZAGREBU**, glavnom gradu Hrvatske, i to u periodu od 29. travnja do kraja lipnja 1986. godine. Određivanje $^{239,240}Pu$ u padavinama na istoj lokaciji provedeno je od 1. svibnja 1986. godine do prvih šest mjeseci 1990. godine.

1987. godine mreža mjernih mjesta za sakupljanje padavina proširena je s tri nove lokacije:

- **GOSPIĆ**, mjesto u kontinentalnom dijelu Hrvatske, gdje je izmjerena najviša radioaktivnost nakon nesreće u Černobilu.
- **ZADAR**, mjesto na Jadranskoj obali, kao centralna turistička regija.
- **OSIJEK**, najistočnija lokacija obuhvaćena republičkim programom kontrole radioaktivnosti.

Uzorci aerosola sakupljani su preko glass-fiber filtera (nominalna efikasnost od 99,9 % za čestice od 0,3 μm) pomoću uzorkivača visokog kapaciteta, uz protok od 2000 m^3 u 24 sata. Filteri su mijenjani svako treće jutro. Sakupljeni mjesečni uzorak je raščinjavan u HNO_3, HCl, $HClO_4$ i HF uz zagrijavanje, te je plutonij odvojen taloženjem s $La(NO_3)_3$ i ekstrakcijom u TTA/benzen[3]. Nakon uklanjanja TTA/benzenskog sloja otopina je prenešena u ćeliju za elektrolizu. Elektroliza je provedena na čeličnoj katodi uz 50 $mA.cm^{-2}$ kroz 4 sata[4]. Shematski prikaz ćelije dat je na slici 1.



Slika 1. Ćelija za elektrolizu

Aktivnost $^{239,240}Pu$ određena je alfaspektrometrijski pomoću Si detektora i 1K analizatora.

Uzorkivača padavina su standardni lijevci promjera 1 m^2 u Zagrebu i 0,5 m^2 na ostalim lokacijama, te plastični kanisteri u kojima su se sakupljale padavine mjesečno. Mjesečni uzorci su spajani u šestomjesečne, a alikvot od 5 litara je analiziran. Radiokemijska analiza je ista kao i kod uzoraka aerosola, bez početnog raščinjavanja.

Rezultati mjerenja

Rezultati mjerenja $^{239,240}Pu$ u zraku na lokaciji Zagreb prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Aktivnosti $^{239,240}Pu$ u zraku u Zagrebu ($\mu Bq.m^{-3}$)

Datum	$^{239,240}Pu$ ($\mu Bq.m^{-3}$)
Svibanj 1986.	160
Lipanj 1986.	70
Srpanj 1986.	< 0,2

Prema podacima UNSCEAR-a srednja aktivnost $^{239,240}Pu$ u zraku sjeverne hemisfere (New York City) iznosi 1,2 $\mu Bq.m^{-3}$(5).

U tablici 2 prikazane su aktivnosti $^{239,240}Pu$ u padavinama na lokacijama Zagreb, Gospić, Zadar i Osijek.

Tablica 2. Aktivnosti $^{239,240}Pu$ u padavinama u Zagrebu, Gospiću, Zadru i Osijeku ($Bq.m^{-3}$)

Datum	$^{239,240}Pu$ ($Bq.m^{-3}$)			
	Zagreb	Gospić	Zadar	Osijek
1/2 V 1986.	2,1 E+2	-	-	-
3/4 V 1986.	4,0 E+1	-	-	-
VI 1986.	3,6 E+1	-	-	-
VII 1986.	7,0 E 0	-	-	-
I-VI 1987.	6,0 E-1	1,2 E 0	1,0 E-1	8,0 E-1
I-VI 1988.	5,0 E-1	1,1 E 0	9,0 E-2	1,0 E-1
I-VI 1989.	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4
I-VI 1990.	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4	< 2,0 E-4

Zaključak

Ovim istraživanjima pokazali smo prisutnost $^{239,240}Pu$ u zraku i padavinama na teritoriji Hrvatske. Povećana aktivnost također je zabilježena u Finskoj[6] i Čehoslovačkoj[7]. Izotope plutonija nije bilo moguće odrediti u zraku već dva mjeseca nakon nesreće, dok su u padavinama ostali do 1988. godine.

Literatura

(1) ICRP 19. The Metabolism of Compounds of Pu and Other Actinides (1972).

(2) IAEA 75-INSAG-1. Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident (1986).

(3) EML. Procedures Manual. E-Pu-01-01, E-Pu-03-01 (1983).

(4) C.Testa, G.Masi, V.Marchionni: Allestimento di un Laboratorio per la determinacione di plutonio in campioni biologici: messa a punto e confronto di vari metodi di analisi. RT/PROT(70)14 (1970).

(5) UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation (1977).

(6) STUK-B-Valo 45. Second Interim Report Radiation Situation in Finland from May 5 to 16 1986 (1986).

(7) Z.Hölgye, R.Filgas: Determination of $^{239,240}Pu$ in Surface Air in Several Localities in Czechoslovakia in 1986 in Connection with the Chernobyl Radiation Accident. J.Radioanal.Nucl.Chem., Letters, 119, (1) 21 (1987).

Abstract

In connection with the accident at the Chernobyl nuclear power plant, the concentration of plutonium-239,240 was determined in surface air and fallout at several locations in Croatia over the period of the last five years.

Pu-239,240 was found in the surface air only in the period of April 29th 1986 till end of June 1986. The increased activity of Pu-239,240 has also been proven in fallout from May 1st 1986 till the end of 1989.

ZNAČILNI PRIMERI VISOKIH KONCENTRACIJ RADONA-222 V ZAPRTIH PROSTORIH SLOVENIJI IN UKREPI ZA NJIHOVO ZMANJŠEVANJE

M.Križman

Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, YU-61000 Ljubljana

UVOD

Merjenje radona-222 v stanovanjskih zgradbah se je v zadnjih nekaj letih razmahnilo tudi v Jugoslaviji in vse več laboratorijev je opremljeno in usposobljeno za ta merjenja. V Sloveniji smo z meritvami bolj sistematično zajeli zgradbe na določenih geološko kritičnih področjih (okolica RUŽV), zgradbe iz problematičnega gradbenega materiala (EFE opeka, kamen), gradnjo na nekdanjih gramoznih izkopih, zasutih s premogovim pepelom, pa tudi zgradbe posebnega pomena (vrtci, šole). V večini primerov se izkaže, da koncentracije Rn-222 v letnem povprečju ne presegajo trištevilčnih vrednosti (manj kot 100 Bq/m3), vendar pa v nekaj odstotkih zgradb izmerimo visoke koncentracije, ki presegajo tudi najvišje mednarodno priporočene meje. Za krajše obdobje lahko dose'e koncentracija Rn-222 celo štirimesečne vrednosti, od 1000 do 3000 Bq/m3. Za raziskovalca te visoke vrednosti niso samo statistično zanimive, temveč predstavljajo zanj tudi izziv in obvezo, da se takim primerom globje strokovno posveti. Ugotoviti mora najprej, kakšni so možni vzroki za nastanek tako visokih koncentracij, nato pa izdelati in predlagati ustrezne rešitve za sanacijo posameznih primerov. Ko je faza sanacije opravljena, je treba testirati opravljena sanacijska dela. V pričujočem delu navajamo nekaj značilnejših primerov, s katerimi smo se srečali pri dosedanjih meritvah radona v Sloveniji.

MATERIALI IN METODE

Za merjenje radona in njegovih kratkoživih potomcev uporabljamo na inštitutu predvsem sledeče metode: trenutne meritve radona-222 s scintilacijskimi celicami, integralne meritve Rn-222 z oglenim adsorberjem (aktivno oglje in meritev adsorbirane aktivnosti na VL gamaspektrometru) in detektorji jedrskih sledi, trenutne meritve in kontinuirne meritve radonovih kratkoživih potomcev s prenosnim alfa-spektrometrom. Uporaba različnih metod v posameznih primerih zagotavlja celovitejše rezultate in daje zanesljivejše informacije.

REZULTATI MERITEV IN DISKUSIJA

V tabeli 1 smo prikazali le nekatere rezultate merjenja koncentracij radona na področju Slovenije, ki so nadpovprečno visoki. Navedeni so možni glavni vzroki povečanja koncentracij, njihovo območje in maksimalna izmerjena vrednost. Ocenjena je tudi vsebnost radonovega neposrednega predhodnika Ra-226 v zemlji oziroma gradbenem materialu.

Table 1: Visoke koncentracije radona-222 v zgradbah in vzroki povišanja

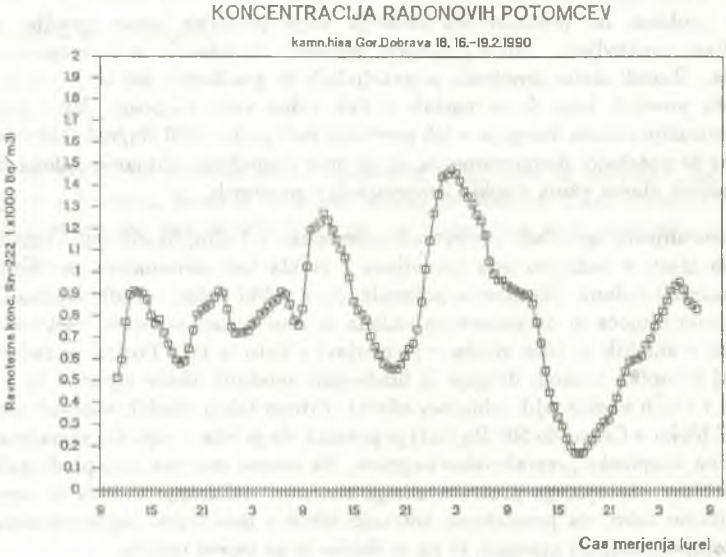
Področje, vrsta zgradb	Vzroki visokih konc. radona-222	Vsebnost v tleh in mat.	Območje Maksim. vr.
Področje urana, okolica RUŽV	geološka struktura, lesena tla na zemlji	^{226}Ra 55-65 $Bqkg^{-1}$	100-1500 Bqm^{-3} 2600 Bqm^{-3}
Prodnata tla (Ljublj.,Kranj, Sorško polje)	netesna izvedba tal, razpoke, cev.provodi lesena tla na zemljišču	^{226}Ra 50 $Bqkg^{-1}$	800-900 Bqm^{-3} 1600 Bqm^{-3}
Zgradbe na prem.pepelu	razpoke, lesena tla, izvedba topl. cevovoda	^{226}Ra 200-300 $Bqkg^{-1}$	40-200 Bqm^{-3} 1600-2300 Bqm^{-3}
Zgradbe iz EFE opeke (CE)	radioakt. gradb. mat., zamašeni zračniki	^{226}Ra 300 $Bqkg^{-1}$	40-100 Bqm^{-3} 500 Bqm^{-3}

Nekateri značilni primeri visokih koncentracij navedenih v zgradbah so v nadaljnjem podrobneje predstavljeni.

1. V okolici Rudnika urana Žirovski vrh je vsebnost Ra-226 v zemlji z povečana

glede na ostala področja v Sloveniji. Obširnejše meritve radona so pokazale, da so koncentracije v starejših hišah visoke, v letnem povprečju 200-300 Bq/m3, v številnih primerih pa smo izmerili pozimi tudi preko 1000 Bq/m3 in še več.

V starejših hišah ima radon skozi špranje v lesenem podu prost dostop v bivalni prostor. Za tak primer smo predlagali sledeč način sanacije: odstranitev lesenega poda, polaganje drenažnih cevi po celi površini tal, pvc folija čez betonsko talno podlago in hidroizolacijo. Odprtina v zunanji steni skrbi za zajem svežega zraka, kanal v notranji steni je vezan na spoj talnih cevi in je speljan ob dimniku na podstrešje. Navedena rešitev s pasivno ventilacijo tal pod bivalnim prostorom zagotavlja sprotno odstranjevanje radona v zimskih in poletnih pogojih. Na pobudo občine Škofja Loka, ki je zagotovila finančna sredstva, bo sanacijo izvedlo domače gradbeno podjetje v prvi polovici letošnjega leta.



Slika 1

Visoke koncentracije radonovih kratkoživih potomcev v hiši so prikazane na diagramu na sliki 1. Koncentracije nihajo skoraj za cel velikostni razred in presežejo celo tiste, ki so jim izpostavljeni rudarji v rudniku urana.

2. Vzrok visokim koncentracijam Rn-222 in povečanega sevanja gama v notranjih prostorih druge hiše je bilo talno nasutje iz premogovega pepela z visoko vsebnostjo Ra-226. Koncentracije radona so v konicah dosegale celo blizu 1000 Bq/m3, pa tudi jakost sevanja gama iz tal je bila visoka(do 0.35 uGy/h). Predlagali smo sanacijo: zamenjava talnega nasutja z neradioaktivnim

materialom in betonsko talno ploščo z ustrezno hidroizolacijo, ki naj služi tudi kot dodatna radonska zapora. S poročilom o meritvah in našim predlogom sanacije je lastnik uveljavljal vlogo za stanovanjski kredit.

3. V montažnem objektu v Ljubljani, ki je bil zgrajen na nasutju iz premogovega pepela, smo izmerili precej visoke koncentracije radona in potomcev, preko 1000 Bq/m3. Prvi sanacijski posegi s tesnenjem se niso izkazali kot uspešni. Z meritvami smo ugotovili, da je največ radona v prostoru, kjer je nameščena toplotna postaja, vezana na javno omrežje: tu smo izmerili 3500 Bq/m3. Cevi za centralno ogrevanje potekajo v betonskih talnih kinetah prav skozi prostore, kjer so koncentracije najvišje (več kot 400 Bq/m3). Sanacijska rešitev primera je trajno odsesavanje zraka iz talnih kanalov (kinet) s pomočjo ventilatorja, zatesnitev špranj pri pokrovih kinet, obnovitev talnih pvc oblog ter skrbno izvedeno trajno tesnenje na spojih tal in zidov.

4. Večji problem bo predstavljala sanacija večje pritlične javne zgradbe v Ljubljani, postavljene - kot v prejšnjem primeru - na nasutju iz premogovega pepela. Zaradi slabo izvedenih pripravljalnih in gradbenih del se je en del objekta posedel, tako da so nastale v tleh vidne večje razpoke. Izmerjene koncentracije radona dosegajo v teh prostorih tudi preko 2000 Bq/m3. Meritve radona še potekajo, domnevamo pa, da je prav pospešeno izhajanje radona iz teh razpok glavni vzrok visokih koncentracij v prostorih.

5. V stanovanjskih zgradbah iz elektrofiltrske opeke v Celju, Mariboru, Velenju so bila zlasti v zadnjem letu opravljena v stekla bolj sistematska merjenja koncentracij radona. Meritve so pokazale, da v veliki večini zgradb vrednosti niso zaskrbljujoče in da emanacija radona iz sten zaradi povišane vsebnosti Ra-226 v zidakih ni tako visoka v primerjavi s tisto iz tal. Pozimi se radon skupaj s toplim zrakom dviguje iz hladnejših spodnjih delov zgradbe in se kopiči v višjih nadstropjih (chimney effect). Primer takih visokih koncentracij v EFE bloku v Celju (do 500 Bq/m3) je pokazal, da je bila z odpadki zamašena odprtina skupinske prezračevalne naprave. Na osnovi meritev smo predlagali usposobitev obstoječega prezračevalnega sistema. Izhajanje radona iz sten zmanjšamo tako, da premažemo notranje stene s posebnimi neprepustnimi (dvokomponentnimi) premazi, ki pa se dobijo le na tujem tržišču.

ZAKLJUČEK

Meritve radona v stanovanjskih prostorih in tudi poslovnih prostorih so pomembne, saj prav radon predstavlja v povprečju največji delež izpostavljenosti med vsemi viri ionizirajočega sevanja nasploh. Vendar pa so meritve le del ukrepov za zaščito prebivastva. V primerih izrazito visokih koncentracij bi jim moralo takoj slediti ugotavljanje vzrokov za njihov nastanek in ustrezni sanacijski ukrepi za zniževanje koncentracij. Čimprej bi morali tudi pri nas sprejeti ustrezna priporočila za akcijske nivoje koncentracij v obstoječih zgradbah in priporočila za bodoče in planirane zgradbe. Le tako bodo zagotovljene vse potrebne sestavine celovitega varstva prebivalstva pred radonom.

ABSTRACT

High concentrations of radon were measured in some cases in residental and public buildings in Slovenia. Some of these high results are presented, and the main reasons for their origin and possibilities for remedial actions for each particular case are discussed.

MJERENJE RADONA U KUĆAMA NA PODRUČJU LABINŠTINE

Lokobauer N., Bauman A., Horvat Đ. i Senčar J.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

SAŽETAK

U radu su prikazni podaci istraživanja aktivnosti radona u starim i novije izgrađenim kućama u okolini TE Plomin. Mjerenja su izvršena otvorenim detektorima tragova KODAK LR 115 (tip II) u trajanju od rujna do prosinca 1990. godine. U starim kućama, za koje se predpostavlja da je u izgradnji korištena šljaka ugljena sagorijelog u termoelektrani, aktivnost radona prelazi vrijednost od 200 Bq m^{-3} sugeriranu od Međunarodne komisije za radiološku zaštitu kod "nivo za akciju" (1).

UVOD

Upotrebom ugljena u energetici dolazi do širenja prirodne radioaktivnosti urana i torija, te njihovih radioaktivnih potomaka, u okoliš. Termoelektrana čiji se utjecaj na okoliš istražuje u ovom radu koristi ugljen s povišenom aktivnosti uranova niza. Prema podacima iz osamdesetih godina (2) aktivnost urana u korištenom ugljenu bila je 10-15 puta veća od prosječnih svjetskih vrijednosti. Aktivnost ^{226}Ra 10-12 puta veća, dok su aktivnosti torija i kalija bile nešto niže ili u skladu s aktivnostima koje nalazimo i u drugim ugljenima u svijetu.
Uran kao i njegovi radioaktivni potomci prilikom sagorijevanja ugljena ostaju u nesagorivom dijelu (pepelu i šljaki) ili se oslobađaju u obliku plina (UO_3 i radona). Na taj način dolazi do preraspodjele prirodne radioaktivnosti iz zemlje na lokacije gdje može znatno utjecati na okoliš i ekspoziciju ljudi.

MATERIJAL I METODE

Aktivnost radona mjerena je u starim i novije izgrađenim kućama na području Labinštine. Korišteni su čvrsti detektori tragova-KODAK LR 115 (tip II), debljine 12 μm. Detektori veličine 1 x 3 cm postavljeni su otvoreno (bez filtera za radonove potomke) kroz više od 3 mjeseca na 20 lokacija. Laboratorijska obrada sastojala se u jetkanju filmova standardnom procedurom (jetkalo 10% NaOH na 60 ^{o}C u trajanju od 120 minuta), te pretraživanju površine detektora optičkim mikroskopom.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 1. prikazane su izabrane lokacije za mjerenje radona u kućama na području Labinštine. Zavisno od mogućnosti detektori su postavljeni u

starim i novije izgrađenim kućama ili stambenim zgradama u širokom krugu oko TE Plomin.

Površinska gustoća tragova (broj tragova po mm^{-2}) koja predstavlja integralnu sliku za razdoblje od rujna do prosinca kretala se od 2,7 - 37,9 trag mm^{-2}. Odgovarajuće specifične aktivnosti radona za izabrane lokacije dane su na tablici 1.

Iz navedenih podataka može se vidjeti da je na 13 lokacija izmjerena aktivnost veća od 100 Bq m^{-3}, dok je na 5 lokacija aktivnost veća od 200 Bq m^{-3} što po preporukama Međunarodne komisije za radiološku zaštitu predstavlja nivo na kojem bi se trebale poduzeti moguce akcije (1).

Slika 1. Lokacije izabrane za mjerenje radona u kućama na području Labinštine

ZAKLJUČAK

Iz navedenin istraživanja vidi se potreba za točnijom procjenom ozračenosti populacije radonom u kućama na području Labinštine i to posebno onim za koje se predpostavlja da su građene od šljake ugljena sagorjelog u termoelektrani.

Tablica 1. Specifična aktivnost radona u kuća na području Labinštine

Uzorak	Lokacija detektora	Specifična aktivnost radona (Bq m^{-3})
1.	Stanišovi (stara kuća)	292
2.	Barban (stara kuća)	687
3.	Raša (Starija zgrada)	115
4.	Letajac (novija kuća)	137
5.	Snašići (stara kuća)	239
6.*	Martinski (stara kuća)	52
7.	Žminj (nova kuća)	98
8.	Tupljak (nova kuća)	56
9.	Potpićan (novija kuća)	67
10.	Kozljak (stara kuća)	145
11.*	Vozilić (stara kuća)	723
12.	Nedešćina (stara kuća)	228
13.*	Strmac (nova kuća)	136
14.	Ripenda (stara kuća)	161
15.	Stari Labin (sarija zgrada)	51
16.	Labin (nova gradnja)	49
17.	Labin (nova gradnja)	71
18.	Labin (starija zgrada)	121
19.	Labin (novija zgrada - podrum)	198
20.	Rabac (novija zgrada)	193

*Nepravilno postavljen detektor kroz nepoznato vremensko razdoblje

U 1991. godini istraživanja su nastavljena na proširenoj mreži mjesta. Na svakoj od lokacija postavljeni su otvoreni i detektori u difuzionim komorama u jednoj staroj i jednoj novijoj kući kako bi se točno procjenilo da li radon potječe od građevnog materijala, tla ili emisije radioaktivnih čestica u okoliš TE Plomin.

LITERATURA

1. International Commission on Radiological Protection, publication 39, Pergamon Press 1984.

2. Marović G.: Povišena prirodna radioaktivnost oko termoelektrane na ugljen. Magistarski rad, Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1985.

ABSTRACT

MEASUREMENTS OF RADON IN HOUSES IN THE AREA OF THE COAL FIRED POWER PLANT PLOMIN

The paper gives data on radon activity measured in the old and recently built houses in the area of the impact of the coal fired power plan Plomin.
Measurements were performed using bare KODAK LR 115, type II, detectors of thickness of 12 μm, in the period September - December 1990.
Activity of radon measured in the old houses, which are assumed to be built from ash and slag, exceeded the values of 200 Bq m^{-3} recommended from ICRP as permissible level (1).

KONTAMINACIJA PODRUČJA REPUBLIKE HRVATSKE RADIONUKLIDOM ^{134}Cs NAKON AKCIDENTA NUKLEARNE ELEKTRANE U ČERNOBILU

Lulić S., i Barišić D.

Institut "Ruđer Bošković", Centar za istraživanje mora-Zagreb

SAŽETAK

Proračun kontaminacije područja Republike Hrvatske radionuklidom ^{134}Cs izveden je na osnovu rezultata mjerenja njegove aktivnosti u tlu. Uzorkovana su četiri intervala vertikalnog profila tla na 55 lokacija. Na osnovu obrađenih rezultata mjerenja aktivnosti ^{134}Cs u uzorcima tla konstruirana je karta kontaminacije Republike Hrvatske.

UVOD

Nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani "Lenjin" u Černobilu, procesima suhog i mokrog taloženja (fallout) kontaminiran je različitim radionuklidima i teritorij Republike Hrvatske, među njima i ^{134}Cs **(1)**. Zbog fizičko-kemijskih interakcija između cezija i tla, ovisno o hidrološkim uvjetima kao i fizičko-kemijskim karakteristikama samog tla, glavnina dospjelog cezija veoma sporo vertikalno migrira prodirući u dublje slojeve. U ovom radu načinjena je procjena nivoa radioaktivne kontaminacije područja Republike Hrvatske radionuklidom ^{134}Cs na osnovu obrađenih rezultata mjerenja njegove aktivnosti u četiri intervala vertikalnog profila tla do dubine od 262,5 mm.

METODE UZORKOVANJA I MJERENJA

Uzorkovanje tla provedeno je, uz nekoliko iznimaka, na meteorološkim stanicama Hidrometeorološkog Zavoda Republike Hrvatske (podloge pretežno prekrivene travama). Uzorkovanje je provedeno na 55 lokacija pomoću pedološkog svrdla površine 100 cm^2. Uzorkovani su segmenti tla debljine 12,5 mm u slijedećim intervalima: površina-12,5, 50-62,5, 112,5-125 i 250-262,5 mm. Procijenjena greška određivanja dubine s koje je uzorak uzet iznosi +-1 mm. Uzorci površinskog sloja tla uzeti su tek pošto je pažljivo odstranjen travnati pokrivač. Uzeti uzorci smješteni su u plastične kutije volumena 125 cm^3 i poznate geometrije, hermetički zatvoreni i mjereni.

Aktivnost ^{134}Cs u uzorcima određena je gama-spektrometrijskom metodom na Ge-Li detektorskom sistemu povezanom s 4096 kanalnim analizatorom. Uzorci su brojeni, ovisno o aktivnosti, između 20000 i 100000 sekundi. Aktivnost ^{134}Cs određena je preko gama zrake s foto vrhom na energiji od 795.7 KeV-a.

REZULTATI MJERENJA I DISKUSIJA

Rezultati mjerenja aktivnosti ^{134}Cs u uzorkovanim segmentima vertikalnog profila tla prikazani su u Tablici 1. Vertikalna distribucija aktivnosti ^{134}Cs u tlu po segmentima izračunata je korištenjem jednadžbe:

$$Y = (A * e^{(b*\ln D + c*(\ln D)2)}) - K$$

gdje je Y = aktivnost ^{134}Cs u datom segmentu (Bq)
D = dubina sredine datog segmenta (mm)
A, b, c i K su parametri, a što je detaljnije opisano u **(2)**.

U Tablici 1 date su i vrijednosti parametara A, b, c i K, suma kvadrata odstupanja (SKO) računatih od mjerenih vrijednosti u uzorkovanim intervalima, te ukupna aktivnost ^{134}Cs (S) sadržana u tlu od površine do dubine od 262,5 mm. Ukupna aktivnost ^{134}Cs sadržana u tlu do navedene dubine dobivena je integracijom izračunatih aktivnosti po svim segmentima (ukupno 21, svaki debljine 12,5 mm) profila.

Kontaminacija područja Republike Hrvatske ^{134}Cs prikazana je na Karti 1. Vidljivo je veoma dobro slaganje kako s prethodno publiciranom kartom radioaktivne kontaminacije površinskog sloja tla **(3)** tako i s kartom kontaminacije područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina **(1)**. Iz karte je vidljivo da je teritorij Republike Hrvatske izrazito nejednoliko kontaminiran. Odnos između područja maksimalnog (šira okolica Gračaca) i područja minimalnog (okolica Đakova i područje oko Splita) nivoa kontaminacije radionuklidom ^{134}Cs gotovo dostiže odnos 50:1. Najkontaminiranije je šire područje Like (pogotovu Gračac s okolicom) te centralni dijelovi Slavonije (potez od Novske preko Daruvara i Petrovog Vrha do Podravske Slatine). Obalni dio (s izuzetkom sjeveroistočnih dijelova Kvarnera), dijelovi Podravine i Baranje te veća područja istočne Slavonije kontaminirani su znatno slabije: u pravilu između 1 i 2 KBq ^{134}Cs po kvadratnom metru ili čak znatno manje. Prosječna kontaminacija izračunata na osnovu obrađenih rezultata mjerenja uzoraka tla uzetih na 55 lokacija (navedenih u Tablici 1.) iznosi cca 3,4 KBq $^{134}Cs/m^2$.

LITERATURA

(1) D. Barišić, K. Košutić, K. Kvastek, S. Lulić, J. Tuta, A. Vertačnik, A. Vrhovac (1987): Procjena kontaminacije područja SR Hrvatske putem radioaktivnih oborina kao posljedica nesreće u NE "Lenin". XIV Simp. Jug. društ. za zašt. od zrač., Novi Sad, 77-82.

(2) Barišić, D. (1991): Određivanje krivulja distribucije cezija u tlu. XVI Simp. Jug. društ. za zašt. od zrač., Neum.(u štampi)

(3) Barišić, Košutić,K., Kvastek.K., Lulić.S., Tuta,J., Vertašnik,A.(1987): Contamination of the ground surface layer in SR Croatia as consequence of Chernobil accident. Proceedings from XIVth Regional Congress of Int. Radiat. Protect. Assoc., Kupari, Dubrovnik, 219-222.

SUMMARY

The radioactive contamination of Republic Croatia territory by ^{134}Cs, caused by the accident in NPP "Lenin", has been described in this paper. The results represent the total ^{134}Cs activity in soil layer from surface to 262,5 mm depth. Relation between maximum (Gračac) and minimum contamined areas (Đakovo and Split) is near 50:1. The map of contamination of Republic Croatia territory by ^{134}Cs has been constructed.

Keywords: Croatia, contamination, soil, cesium.

TABLICA 1. Prikaz aktivnosti i izracunatih koeficijenata za proracun kontaminacije nuklidom 134-Cs

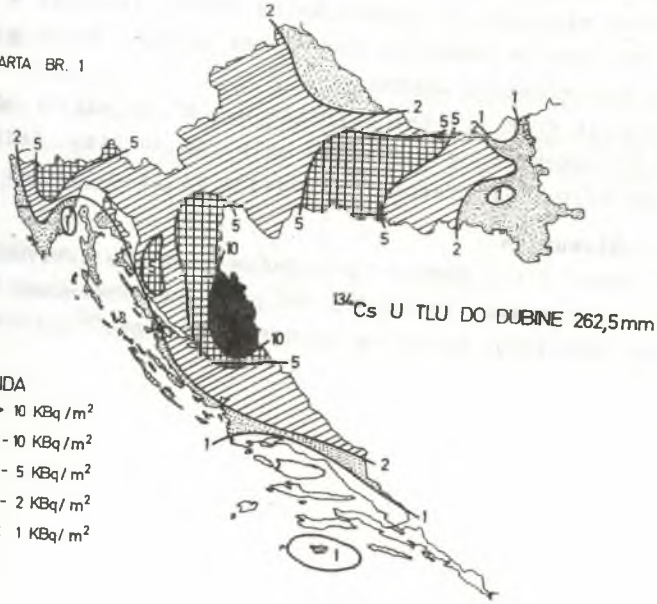
Lokacija	(I)	(II)	(III)	(IV)	KOEFICIJENTI lnA	b	c	K	SKO	UKUPNO (Bq/m2)
	(izmjereno Bq u intervalu)									
SPLIT	2.3	0.24	0	0	2.46868	-0.66418	0.06185	2	0.001	462
RAB	3.31	0.85	0.4	0.1	1.89146	-0.24544	-0.04705	0.3	<.001	1336
VRLIKA	14.44	1.12	0.38	0	5.17656	-1.51878	0.09831	0.8	<.001	2768
BENKOVAC	8.2	1.93	0.65	0	2.12955	0.28981	-0.15140	0.4	<.001	2850
SIBENIK	2.04	0.96	0.28	0	-1.05545	1.59383	-0.32835	0.1	<.001	1132
CRES	1.94	1.12	0.54	0	0.57442	0.44277	-0.10193	0.9	<.001	1361
PLOMIN	1.49	0.63	0.26	0	-0.12212	0.65866	-0.16697	0.2	<.001	800
RIJEKA	4.08	1.41	1.13	0.7	2.37694	-0.47385	0.02192	0.8	0.013	2677
DRNIS	10.29	2.02	0.62	0	2.33787	0.33392	-0.17549	0.3	<.001	3189
VIS	0.97	0.46	0.21	0	-0.08752	0.36536	-0.10217	0.3	<.001	576
ZADAR	2.78	0.84	0.49	0	1.96371	-0.21525	-0.00218	2	0.007	1253
OGULIN	15.06	2.26	0.96	0	4.22634	-0.81985	0.03322	2	0.006	4091
PLITVICE	48.1	2.74	1.49	0.4	6.98551	-1.96679	0.15698	2	0.219	8828
GRACAC	99.33	6.04	1.39	0.37	4.89225	0.35173	-0.28015	-0.2	0.003	18441
PAZIN	12.15	2.92	1.63	0.72	3.70788	-0.62136	0.02403	2	<.001	5072
GOSPIC	21.65	2.02	0.86	0.21	5.45205	-1.44411	0.09876	1.4	0.001	4731
ROVINJ	1.68	0.79	0.48	0	1.31292	0.04477	-0.02798	2	0.004	1069
LABIN	2.33	1.19	0.36	0	-1.37801	1.92803	-0.37760	0.1	<.001	1406
LASTOVO	3	1.01	0.15	0	1.64606	-0.09254	-0.06212	0.5	0.071	1129
PARG	8.31	3.84	1.66	0.45	1.05079	1.02076	-0.23228	0.2	<.001	5133
S. BROD	2.49	1.61	0.84	0.38	-0.51572	1.19885	-0.24095	-0.1	<.001	2216
KOPRIVNICA	3.08	0.72	0.27	0.11	1.34493	0.14480	-0.14274	0	0.003	1140
DVOR NA UNI	7.8	3.04	1.39	0.36	1.63693	0.55088	-0.16148	0.4	<.001	4260
BILOGORA	3.03	0.98	0.32	0	0.65542	0.62584	-0.18691	0.2	0.001	1287
GRADISTE	2.32	0.64	0.53	0.35	2.16512	-0.78740	0.04655	0.1	0.003	1304
VUKOVAR	2.56	1.07	0.41	0	0.35195	0.70855	-0.17843	0.3	<.001	1341
SISAK	4.12	2.47	1.19	0.18	0.71997	0.77710	-0.16416	0.8	<.001	3105
MALI LOSINJ	2.96	0.84	0.57	0.15	2.11972	-0.34253	0.01329	1.7	0.01	1429
DUBROVNIK	1.53	0.58	0.18	0	-0.42180	0.91367	-0.22646	0.1	<.001	722
DALJ	1.24	0.81	0.53	0	0.93636	0.21459	-0.04629	2	0.006	1059
VINKOVCI	3.82	1.03	0.54	0.24	1.96651	-0.21793	-0.05981	0.1	<.001	1706
B. MANASTIR	1.34	0.68	0.36	0.1	-0.01493	0.46925	0.09364	0.2	<.001	936
P. SLATINA	11.97	2.01	0.48	0.1	1.79501	0.93215	-0.30232	0	0.018	3448
KNIN	10.37	0.77	0.49	0	4.72287	-1.45668	0.10719	0.9	0.055	2124
DJAKOVO	1.89	0.2	0	0	2.24386	-0.58267	0.05451	2	<.001	384
SENJ	6.35	1.23	0.76	0.17	3.16875	-0.67133	0.03531	1.5	0.021	2265
KRIZEVCI	13.53	2.14	0.6	0	2.45747	0.49296	-0.22099	0.2	<.001	3741
OTOCAC	20.79	2.2	0.51	0.1	2.99020	0.51210	-0.26515	0	0.015	4738
VARAZDIN	9.27	0.97	0.31	0.18	4.37505	-1.26982	0.11177	2	0.005	2118

TABLICA 1. (nastavak)

Lokacija	(I)	(II)	(III)	(IV)	KOEFICIJENTI lnA	b	c	K	SKO	UKUPNO (Bq/m2)
	(izmjereno Bq u intervalu)									
PETROV VRH	46.21	2.12	0.63	0.1	6.38349	-1.39918	0.00548	0.2	(.001	7440
D. MIHOLJAC	16.66	3.05	1.61	0.27	4.07637	-0.65129	0.01210	2	0.049	5456
SIBICE	23.28	1.15	0.36	0	6.21777	-1.94505	0.17142	2	0.006	3803
S. POZEGA	10.69	0.97	0.48	0.15	4.81311	-1.49134	0.09885	0.5	0.003	2378
SVETI ROK	53.45	3.29	1.18	0.29	6.45293	-1.40334	0.03114	0.4	(.001	9645
SINJ	26.62	0.82	0.49	0.24	7.66906	-2.85057	0.25136	0.4	0.052	4042
PUNTJARKA	11.06	2.05	0.3	0	1.65002	0.99351	-0.31050	0.1	0.136	3092
KARLOVAC	7.73	1.87	1.2	0.48	3.26159	-0.58311	0.02969	2	0.017	3366
PREGRADA	13.36	1.82	0.44	0	2.08593	0.80759	-0.28810	0.1	(.001	3450
NOVSKA	34.5	4.33	1.73	0.34	5.10195	-0.82546	-0.00518	1.1	(.001	8660
OSIJEK	9.93	0.95	0.56	0.21	4.70952	-1.47877	0.09834	0.4	0.012	2367
BJELOVAR	20.94	1.68	0.73	0.13	5.57303	-1.54707	0.10484	1.1	0.01	4254
ZAVIZAN	25.41	2.44	0.5	0	3.02647	0.64802	-0.29021	0.1	(.001	5531
DARUVAR	25.64	3.07	0.99	0	4.66692	-0.70542	-0.02819	0.9	0.004	5992
KRAPINA	23.34	1.7	1.03	0.51	6.17719	-1.91632	0.15171	0.7	0.037	4948
NASICE	11.01	1.65	0.61	0.15	3.08236	-0.15169	-0.11801	0.1	(.001	3071

(I) povrsina-12,5mm; (II) 50-62,5mm; (II) 112,5-125mm, (IV) 250-262,5 SKO=suma kvadrata odstupanja

KARTA BR. 1



KONCENTRACIJA ^{90}Sr U MLIJEKU I PADAVINAMA

Maračić M., Franić Z., Bauman A.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak

U radu je ispitana aktivnost ^{90}Sr u mlijeku i padavinama kroz period 1985 - 1989. na jednoj lokaicji u republici Hrvatskoj. Ispitana je i potvrđena korelacija ^{90}Sr u ova dva medija. Izračunat je faktor korelacije koja iznosi r= 0,999 što pokazuje idealno međusobno slaganje.

Uvod

Značajnije prisustvo ^{90}Sr u životnoj sredini datira s početka intenzivnih nuklearnih proba kjajem pedesetih i početkom šezdesetih godina, a nastavljeno radom nuklearnih elektrana. Pored ^{137}Cs koji nastaje fisijom jezgre urana, ^{90}Sr kao značajni radionuklid uključio se u procese kruženja materija u prirodi te tako dospijeva u sve karike ekološkog lanca. U ciklusu radioaktivne kontaminacije produkata animalnog porijekla praćeno je u ovom slučaju kravlje mlijeko.
Koncentracija ^{90}Sru mlijeku, pa tako i aktivnost u velikoj mjeri ovisi o koncentraciji ^{90}Sr u padavinama. Iz tog razloga određen je linearni koeficijent korelacije aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku i padavinama.

Materijal i metoda

Uzorak mliijeka je sakupljan na jednoj lokaicji u republici Hrvatskoj. Mlijeko se sakuplja kao dnevni uzorak, spaja u tjedni te spaljuje kao mjesečni uzorak.
Kiša se sakuplja kroz lijevak površine 0,5 m^2 na visini od 1 m. Alikvat od 5l sakupljenog uzorka se uzima za analizu. Radiokemijskom ekstrakcijom tributilfosfatom ^{90}Sr odvaja se iz mlijeka i padavina.(1)

Rezultati i diskusija

U tabeli 1 i 2 dane su prosječne godišnje aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku i padavinama. Prosječne vrijednosti aktivnosti u padavinama kroz period 1985-1989. kreću se od 0,5 - 17,7 Bqm^{-2}.

Povećanje aktivnosti ^{90}Sr 1986. godine pridonijela je nuklearna nesreća u Černobilu aprila 1986. godine. Prosječna godišnja aktivnost ^{90}Sr u mlijeku također je povećana u toku 1986. godine, te iznosi 407,0 Bqm^{-3} (2), što naravno ovisi o aktivnosti ^{90}Sr u padavinama tokom 1986. godine.

PROSJEČNE GODIŠNJE AKTIVNOSTI ^{90}Sr U MLIJEKU

Bqm^{-3}

Godina	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.
Aktivnost $\bar{X}$	150,10	407,0	281,1	140,0	150,0

PROSJEČNE GODIŠNJE AKTIVNOSTI ^{90}Sr U PADAVINAMA

Godina	Bqm^{-2}	Bqm^{-3}
1985.	0,58	7,38
1986.	17,66	267,81
1987.	1,06	14,67
1988.	3,30	49,44
1989.	0,59	7,90

Zaključak

U raduje prikazan korelacijski faktor aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku i padavinama. Analizom odnosa utvrđeno je gotovo idealno slaganje, te dobiven faktor korelacije r=0,999 te regresijska funkcija.

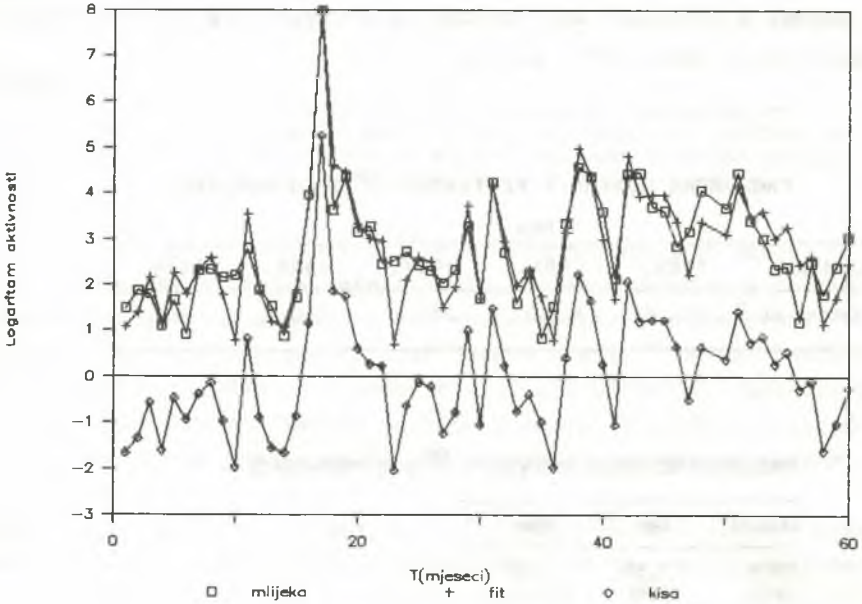
$Y = kx$, gdje je $k = 15,41$

Y - aktivnost mlijeka (Bqm^{-3})

x = aktivnost padavina (Bqm^{-2})

koja pokazuje linearnu ovisnost.

Koncentracijski odnos ^{90}Sr u mlijeku i padavinama



Aktivnost ^{90}Sr u mlijeku (Bqm^{-3})
Aktivnost ^{90}Sr u kiši (Bqm^{-2})

Abstract

^{90}Sr Concentrations level in milk and fallout

In this paper the radioactivity of ^{90}Sr in milk and fallout was investigated. The value of the linear correlation coefficient is 0,999 between the concentrations ^{90}Sr in milk and fallout.

Literatura:

1. Edd.Harley J.J. 1970, HASL Procedures Mannual, USAEC Report HASL-300
2. Maračić M., Baumštark M., Bauman A.: Aktivnost ^{89} i ^{90}Sr u mlijeku II Savjetovanje Jugoslavenskog društva za zaštitu od zračenja, Kragujevac 1986.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Neum 1991 god

RADIOAKTIVNOST PRIRODNE SREDINE OPŠTINE KRUŠEVAC

P. Marković, D.Nikezić
Prirodno matematički fakultet- Kragujevac

Uvod

U ovom radu su dati rezultati merenja prirodne radioaktivnosti u opštini Kruševac. Izvršena su sveobuhvatna merenja beta aktivnosti prirodnih i otpadnih voda, merenja beta aktivnosti nekih uzoraka hrane i alkoholnih pića koja se proizvode u ovom regionu, kao i izvestan broj merenja jačine ekspozicione doze na nekim značajnijim lokacijama.

MERENJE JAČINE EKSPOZICIONE DOZE

U toku jula 1990 godine izvršena su merenja jačine ekspozicione doze na lokacijama oko akomulacionog jezera Ćelije.

Poznavanje vrednosti jačine ekspozicione doze je vrlo značajno jer je ona dobar indikator radioaktivnog zagađenja.

Jačina ekspozicione doze je merena instrumentom nazvanim MZ-10. (Monitor Zračenja). Kao detektor služi Gajger Milerov brojač. Očitavanje vrednosti se obavlja na displeju. Nova vrednost se izbacuje svakih 3 s. Da bi se dobila srednja vrednost jačine ekspozicione doze potrebno je očitati veći broj vrednosti i usrednjiti ih.

U ovim merenjima očitavano je po 300 vrednosti.

Merenja su obavljena na ukupno 5 lokacija. Rezultati su dati u tablici br. 1.

Izmerene vrednosti su vrlo niske i spadaju u domen vrednosti prirodnog zračenja. Malo povećanje jačine ekspozicione doze se zapaža na sporednom putu kod mosta. Razlog može biti prisustvo granitnih stena u neposrednoj blizini.

Tablica 1; Jačina ekspozicione doze u blizini jezera "Čelije"

Lokacija	Jačina ekspozicione doze pC/(kgs)
Brana	0,83
Plaža (Vasići)	0,74
Kod Mosta (na sporednom putu)	1,23
Na mostu	0,62
Na ulivu Brusnice	0,71

REZULTATI MERENJA BETA AKTIVNOSTI UZORAKA ZEMLJE

U okviru rada na ekološkoj studiji opštine Kruševac, izvršena su merenja beta aktivnosti uzoraka tla (zemlje). Izmereno je ukupno 15 uzoraka. Uzorci su sakupljeni na 5 lokacija (po tri sa svake lokacije sa različitih dubina 0 cm, 20 i 40 cm). Postupak pripreme i merenje uzoraka je opisan u referenci /1/. Rezultati su dati u tablici broj 2. Oznaka *l* u tablici 2 označava broj lokacije, a *d* označava dubinu.

Tablica 2; Beta aktivnost uzoraka zemlje; l-lokacija, d-dubina uzimanja uzoraka 0, 20 i 40 cm

uzorak *l-d*	aktivnost uzorka kBq/kg
1-1	2,8
1-2	2,6
1-3	3,7
2-1	2,5
2-2	1,9
2-3	2,8
3-1	2,9
3-2	2,4
3-3	1,2
4-1	1,6
4-2	1,5
4-3	1,1
5-1	1,9
5-2	1,1
5-3	2,1

Kako se iz tablice može videti izmerene vrednosti su dosta niske i spadaju u domen vrednosti koje su izmerene i na drugim mestima. Izmerene vrednosti su dosta ujednačene. Pri merenjima je ustanovljeno da najveći deo izmerene aktivnosti potiče od ^{40}K (oko 80%). Zbog toga nije vršena gama spektroska analiza ovih uzoraka.

Beta aktivnost prirodnih i otpadnih voda

Izvršena su merenja beta aktivnosti prirodnih voda, i to voda akomulacionog jezera "Ćelije" i voda nekih rečnih tokova ovog regiona, kao i merenja otpadnih voda. Primenjivan je standardni postupak pripreme uzoraka i merenja koji je detaljno opisan u ref. /1/. U tablici 3 dati su neki od rezultata merenja beta aktivnosti vode akomulacionog jezera "Ćelije",(grad Kruševac se snabdeva vodom za piće iz ovog jezera), nekih rečnih tokova i otpadnih voda opštine Kruševac.

Tablica 3; Beta aktivnost voda akomulacionog jezerera "Ćelije", nekih rečnih tokova i otpadnih voda opštine Kruševac

prirodne vode			*otpadne vode*	
red. br.	naziv uzorka	beta aktivnost Bq/m^3	naziv uzorka	beta aktivnost Bq/m^3
1.	Vodozah. ćelije 0 m	134 ± 41	Fabrika ulja	1085 ± 138
2.	Vodozah. ćelije 3 m	57 ± 38	Fabrika maziva	222 ± 78
3.	Vodozah. ćelije 7 m	60 ± 40	14. oktobar	207 ± 87
4.	Vodozah. ćelije 16m	77 ± 40	Dušan Petronijević	360 ± 87
5.	Vodozah. ćelije 24m	78 ± 40	Rubin	151 ± 78
6.	Vodozah. ćelije 37m	98 ± 41	ulaz Župa	165 ± 82
7.	Vasići ćelije 0 m	57 ± 35	izlaz Župa	347 ± 93
8.	Rasina	60 ± 40	Merima	158 ± 80
9.	Žilnička reka	122 ± 43	Miloje Dakić	243 ± 85
10.	Vodozah. ćelije 0 m	58 ± 39	Šik	121 ± 83
11.	Prečišćena voda	58 ± 39		
12.	Sirova voda	55 ± 35		

Beta aktivnost vode akomulacionog jezera je vrlo niska i na granici detekcije je. Merena je beta aktivnost u zavisnosti od dubine. Najveća izmerena aktivnost je u uzorku uzetom sa površine jezera. Beta aktivnost uzorka uzetog sa tri metra je dva puta manja nego na površini jezera. Prema dnu aktivnost lagano raste.

Beta aktivnost otpadnih voda je veća od beta aktivnosti prirodnih voda, za faktor 2 do 5. Najveća izmerena vrednost je za

Fabriku ulja.

REZULTATI MERENJA BETA AKTIVNOSTI UZORAKA ALKOHOLNIH PIĆA

U ovom delu dati su rezultati merenja beta aktivnosti uzoraka alkoholnih pića koja se proizvode u opštini Kruševac. Postupak pripreme i merenja uzoraka alkoholnih pića je isti kao i kod prirodnih i voda. Ispitivano je ukupno 8 uzoraka i to 6 vina i 2 rakije.

Zapaža se velika razlika u dobijenoj aktivnosti za vina i rakije. Ima više razloga za ovako veliku razliku: kao prvo rakije se dobijaju destilacijom, zbog čega je njihova beta aktivnost izuzetno niska i na granici detekcije je. S druge strane vina se dobijaju cedenjem, i imaju vrlo veliki sadržaj K. Radioaktivnost u vinima je prirodnog porekla i najvećim delom potiče od ^{40}K. Rezultati su dati u tablici br 4.

Tablica 4. Specifična beta aktivnost uzoraka alkoholnih pića

red. br.	naziv uzorka	beta aktivnost Bq/m^3
1	Rubinovo crno	4260 ± 50
2	Rubinovo belo	9700 ± 400
3	Car Lazar	1130 ± 500
4	Lozovača	120 ± 50
5	Plemenka	
6	Prepeče-nica	250 ± 100
7	Roze	16800 ± 40
8	Roze iz prodavnic	15380 ± 50

Rezime

U ovom radu su dati neki rezultati merenja beta aktivnosti nekih uzoraka voda, pića i zemlje i jačine ekspozicione doze opštine Kruševac.

Abstract

The results of the beta activity measurements of the different sampes taken from region of Kruševac are given in this paper.

Reference

1. G.Durić, B.Petrović, " Praktikum za radijacionu higijenu", Naučna knjiga, Beograd, 1976

^{226}Ra U GEOTERMALNOJ VODI

G. Marović, N. Lokobauer, J. Senčar, A. Bauman

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Sažetak

U radu je prikazano istraživanje mogućnosti uklanjanja ^{226}Ra prisutnog u geotermalnoj vodi. Analizirani uzorci vode sakupljeni su na lokaciji u sjeverozapadnoj Hrvatskoj.

Prisutnost ^{226}Ra mjerena je u pojeidnim fazama tehnološkog postupka čišćenja vode. Ustanovljeno je da je otplinjavanjem i fultriacijom kroz pješčane filtre moguće ukloniti do 50 % prvobitno prisutne aktivnosti ^{226}Ra.

U svrhu postizanja kvalitete nužne za upotrebu sirove geotermalne vode te mogućnosti eksploatacije takove vode u bazenima predviđenim za sport i rekreaciju nužna je odgovarajuća tehnološka obrada kako bi se smanjila prisutna radioaktivnost. Naime, voda koja se koristi u bazenima mora biti takovog sastava da se isključi, odnosno svede na minimum rizik i moguće štetne posljedice za korisnike bazena. Pri tome treba obratiti naročitu pažnju na sportaše i plivače koji svakodnevno treniraju i po nekoliko sati.

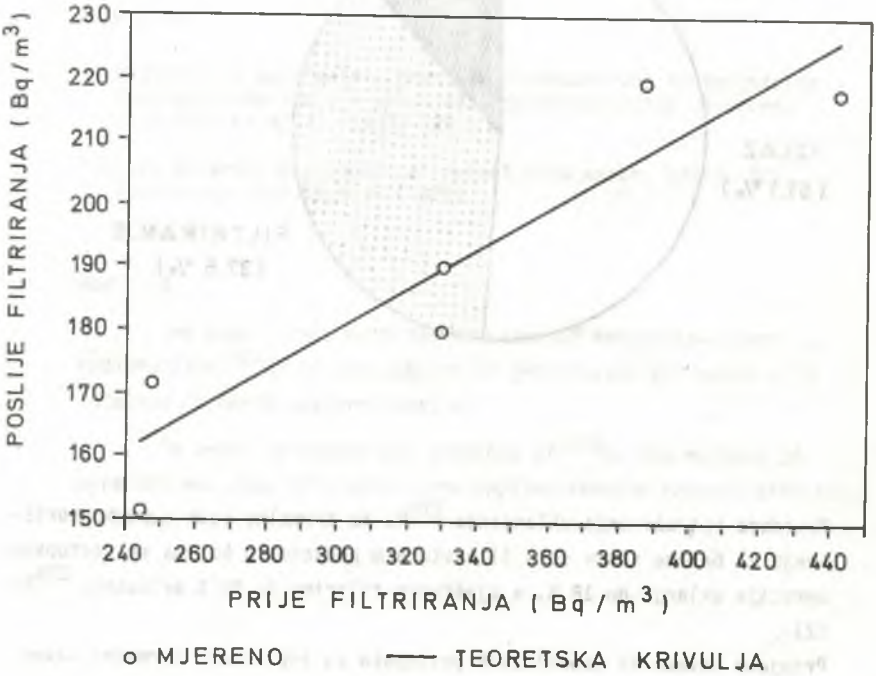
Geotermalne vode sadrže povećanu prirodnu radioaktivnost i to članove uranovog i torijevog niza. Od prisutnih radionuklida posebno mjesto zauzima radij (^{226}Ra), koji je zbog svoje radiotoksičnosti svrstan u I skupinu radiotoksičnih materijala.

Iz rezultata tjednih praćenja radioaktivnosti geotermalne vode temperature 48-50 ^{o}C iz izvora u sjeverozapadnoj Hrvatskoj ustanovljena je različita kontaminacija ^{226}Ra. Maksimalno izmjerena aktivnost ^{226}Ra od 2500 Bq m^{-3} premašuje izvedenu koncentraciju za pitku vodu za grupu pojedinaca iz stanovništva od $1x10^{3}$ Bq m^{-3} za ^{226}Ra (1), što ne treba u potpunosti primijeniti za bazensku vodu.

Termalna voda iz izvora prolazi kroz sistem intenzivne aeracije pri čemu dolazi do otplinjavanja otopljenih plinova iz vode. Tom

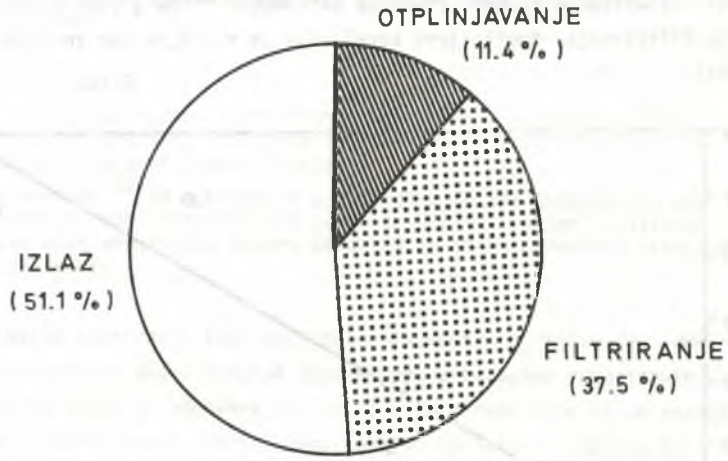
operacijom postiže se efikasnost uklanjanja ^{226}Ra od oko 11,4 %. Aerirana voda zatim prolazi kroz sistem filtracije preko visokotlačnog pješčanog filtra te takova odlazi u bazen. Na slici 1 prikazani su rezultati istraživanja tjednih praćenja aktivnosti ^{226}Ra u vodi prije i poslije filtriranja. Koeficijent korelacije je r = 0,94 (uz značajnost P(t)<0,01).

Slika 1.



Upotrebom tehnoloških postupaka čišćenja sirove geotermalne vode, u ovom slučaju aeracijom i filtracijom moguće je ukloniti gotovo 50 % prvobitne aktivnosti ^{226}Ra. Slika 2 prikazuje udjele pojedinih tehnoloških postupaka pri uklanjanju ^{226}Ra iz geotermalne vode.

Slika 2.



Navedena istraživanja uklanjanja ^{226}Ra iz termalne vode u svrhu korištenja za bazene slažu se s literaturnim podacima u kojima se postupkom aeracije uklanja do 18 %, a pješčanim filtrima do 50 % prisutnog ^{226}Ra (2).

Primjena navedenih tehnoloških postupaka za ispitivani termalni izvor potpuno zadovoljava svrhu i moguće je korištenje termalne vode.

U slučaju povećane aktivnosti prirodnih radionuklida u izvornoj vodi moguće je odrediti eventualno potreban omjer miješanja sa vodom iz gradskog vodovoda, a time i smanjiti neželjene efekte.

Osim toga postavlja se pitanje vremenske efikasnosti pješčanog filtra koji kao takav može čak postati radioaktivni izvor, a samim time utjecati na kvalitetu izlazne vode.

Literatura

1. Pravilnik o maksimalnim granicama radioaktivne kontaminacije čovjekove okoline i o obavljanju dekontaminacije. Službeni list SFRJ br.8/87, (1987) 239.

2. L.J. Kosarik: Radionuclide removal from water. Envir. Sci. Technology. Vol.13.No.5 (1979).

Abstract

The paper deals with the presence of naturally-occurring radionuclide ^{226}Ra in the samples of groundwater collected at a location of north-western Croatia.

In order to remove the presence of ^{226}Ra the methods of aeration and sand filtration were applied showing removal efficiency by 50 %.

XVI Jugoslovenski Simpozijum za zaštitu od zračenja
Neum, 28. - 31. 05. 1991. g.

RADIONUKLIDI ^{90}Sr i ^{137}Cs U STOČNOJ HRANI NA PODRUČJU VOJVODINE

[1]Mihaljev Ž., [2]Bikit I., [3] Gordana Đurić, [2]Ljiljana Čonkić, [1]Šuvakov D.

[1]Poljoprivredni fakultet, OO Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad,
[2]Prirodno-matematički fakultet, Institut za fiziku, Novi Sad,
[3]Veterinarski fakultet, Beograd

KRATAK SADRŽAJ

U radu je dat sadržaj radionuklida ^{90}Sr i ^{137}Cs u hranivima, koja su proizvedena 1989/90 g., i to u lucerki, kukuruznoj silaži, suvim peletama repinih rezanaca, koncentrovanom hranivu i aditivu - ribljem brašnu. Sadržaj ^{90}Sr određen je oksalatnom metodom, a ^{137}Cs spektrometrijom gama zračenja. Rezultati ukazuju da lucerka sadrži najviše ^{90}Sr i ^{137}Cs, a da je sadržaj ovih radionuklida najmanji u koncentrovanom industrijskom hranivu. Sadržaj K i Ca najveći je u lucerki i ribljem brašnu, a najmanji u koncentrovanom industrijskom hranivu.

UVOD

Savremena saznanja nas upućuju da su stočna hraniva jedan od najvažnijih puteva unošenja radionuklida u organizam životinja. Stoga, u zaštiti stočarske proizvodnje od radioaktivnih zagadjivača prvo mesto zauzima radijaciono-higijenska kontrola stočne hrane. Na ovo ukazuje iskustvo iz perioda posle nuklearne nesreće u Černobilju, kada je lucerka bila najzagadjenija biljna vrsta, a koja se intenzivno koristi za ishranu stoke.

U cilju zaštite stočarske proizvodnje na području Vojvodine organizovana je sistematska kontrola koja, izmedju ostalog obuhvata i najvažnija stočna hraniva, sirova, industrijski proizvedena, kao i aditive. U ovom radu dati su neki od rezultata ove kontrole sa ciljem da se ukaže na poboljšanje proizvodnje stočne hrane, kako bi domaće životinje što manje unosile radionuklide putem hraniva.

MATERIJAL I METODE

Uzorci lucerke, koncentrata, silaže kukuruza, suvih peleta repinog rezanca i ribljeg brašna sakupljeni su tokom 1990. godine sa 4 lokaliteta, i to: Vršac, Zrenjanin, Stara Pazova i Karađordevo. Sadržaj radionuklida i hemijskih elemenata odredjivan je iz mineralnog ostatka ispitivanih uzoraka.

Radionuklid cezijum - 137 odredjen je metodom spektrometrije gama zračenja pomoću čistog Ge-detektora i 4096-kanalnog analizatora. Spektri su obrađeni programom SAMPO, a efikasnost je odredjena NBS referentnim etalonom.

Radionuklid ^{90}Sr odredjen je taložnom metodom pomoću oksalne kiseline. Brzina brojanja (imp/s) merena je na niskofonskom antikoincidentnom brojaču TRACERLAB.

Koncentracije K i Ca određene su standardnim gravimetrijskim odnosno spektrofotometrijskim metodama.

REZULTATI I DISKUSIJA

Ispitivanjima je utvrdjeno da sirova lucerka i lucerkino brašno imaju najveći sadržaj, kako stroncijuma-90 tako i cezijuma-137, i prema tome lucerka predstavlja odredjeni bioindikator kontaminacije stočne hrane ovim radionuklidima (Tabela 1).

TABELA 1. Aktivnost ^{90}Sr i ^{137}Cs i koncentracija Ca i K u uzorcima stočne hrane

MESTO	VRSTA HRANIVA	aktivnost (Bq kg^{-1})		sadržaj (g kg^{-1})	
		Sr-90	Cs-137	Ca	K
VRŠAC	brašno lucerke	10,78±1,61	3,90±0,60	22,88±1,15	21,32±2,94
	zelena lucerka	7,38±0,19	0,90±0,10	9,80±0,51	9,80±1,50
	koncentrat	0,99±0,06	2,80	0,90±0,10	5,61±0,84
	silaža kukuruza	0,68±0,20	0,21±0,03	3,22±0,48	1,20±0,20
ZRENJANJIN	zelena lucerka	3,10±0,71	0,95±0,15	19,16±2,94	21,35±4,91
	koncentrat	1,24±0,57	2,10±0,90	1,30±0,20	2,77±0,47
	silaža kukuruza	1,39±0,46	0,10±0,05	0,42±0,06	2,16±0,71
	suve pelete rep.rezanaca	4,55±1,81	0,12±0,11	10,3±1,55	1,49±0,28
STARA PAZOVA	zelena lucerka	2,38±0,10	1,10±0,20	15,40±0,80	8,80±1,30
KARAĐORĐEVO	suve pelete rep.rezanaca	1,95±0,38	0,12±0,11	6,20±0,93	1,89±0,28
	riblje brašno	2,20±0,50	0,40±0,40	59,20±8,88	12,43±0,96
	riblje brašno	4,01±1,06	0,40	51,90±7,78	12,94±0,86

Rezultati prikazani u Tabeli 1 takodje pokazuju da je nivo radioaktivne kontaminacije lucerke viši od nivoa kontaminacije ostalih hraniva, te predstavlja veću opasnost za unošenje radionuklida putem hrane.

Iz dobijenih rezultata sledi da ispitivane kompletne krmne smeše sadrže manje količine proizvedenih radionuklida ^{90}Sr i ^{137}Cs i male koncentracije makroelementa Ca.

TABELA 2. Broj stroncijumovih i cezijumovih jedinica za uzorke stočne hrane

MESTO	VRSTA HRANIVA	SJ $\frac{A\ ^{90}Sr\ (mBq\ kg^{-1})}{Ca\ (g\ kg^{-1})}$	CJ $\frac{A\ ^{137}Cs\ (mBq\ kg^{-1})}{K\ (g\ kg^{-1})}$
VRŠAC	brašno lucerke	468	183
	zelena lucerka	755	92
	koncentrat	1111	499
	silaža kukuruza	217	175
ZRENJANIN	zelena lucerka	158	44
	koncentrat	954	758
	silaža kukuruza	3333	46
	suve pelete rep.rez.	441	80
STARA PAZOVA	zelena lucerka	161	125
KARAĐORĐEVO	suve pelete rep.rez.	318	63
	riblje brašno	38	32
	riblje brašno	77	31

Izračunate vrednosti za stroncijumove jedinice (SJ) pokazuju da je diskriminacija stroncijuma 90 kalcijumom najniža u koncentrovanim hranivima, te je i broj stroncijumovih jedinica kod njih visok (Tabela 2). U istim hranivima je i broj cezijumovih jedinica (CJ) visok.

Iz podataka datih u tabeli 1 sledi da su izmereni nivoi radioaktivne kontaminacije stroncijumom 90 i cezijumom 137 za silažu kukuruza, suve pelete repinih rezanaca i riblje brašno približno istog reda veličine. Kod ovih hraniva sadržaj odredjivanih makroelemenata Ca i K, je takodje na podjednakom nivou.

ZAKLJUČAK

1. Dobijeni rezultati merenja radioaktivnosti potvrdjuju da su proizvedeni radionuklidi ^{90}Sr i ^{137}Cs prisutni u stočnoj hrani.

2. Rezultati ispitivanja takodje pokazuju da lucerka sadrži veće koncentracije ^{90}Sr i ^{137}CS od ostalih hraniva i predstavlja jedan od značajnijih izvora kontaminacije.
3. Stepen diskriminacije ^{90}Sr kalcijumom, prema našim rezultatima najveći je kod ribljeg brašna, a najmanji kod kukuruzne silaže i koncentrata. Diskriminacija ^{137}Cs kalijumom najveća je takodje kod ribljeg brašna, a najmanja kod koncentrata.

Literatura:

1. Agricultural and public health aspects of radioactive contamination in normal and emergency situations, FAO, Rome, 1964.
2. Radionuclides in foods, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1973.
3. Petrović B., Gordana Đurić: Elementi radioekologije u stočnoj proizvodnji, Veterinarski fakultet, Beograd, 1984.

A b s t r a c t

The paper presents the results of concentrations of produced radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs in different feeds (lucern, concentrate, maize silage, dry beet pellets and fish meal). Samples originated from four different places of Vojvodina. Lucern had the highest concentration of ^{90}Sr and ^{137}Cs among other feeds examined. It represents one of the major sources of contamination.

РАДИОЕКОЛОГИЈА РЕКЕ ВАРДАРА

Минчева Б.,Цветановска Л.,Ановски Т.,
Јовановски Н.,Божиновски З.

Центар за примена на радиоизотопи - Скопје

Р е з и м е

Дат је приказ и дискусија добијених резултата одређивања укупне β- радиоактвности и садржаја Cs-137 у неким узорцима са локалитета Криволак у Вардарској долини.

У В О Д

У оквирима вишегодишњег научно-истраживачког пројекта "Радиоекологија реке Вардара"/1,2,3/ који има за циљ да да допринос при одређивању очекиваних нивоа радијационих оптерећења становништва, укључујући и акциденталне ситуације. Поред осталог праћена је укупна β-активност т.ј. садржај природних радионуклида и фисионих продуката.

У овом раду дат је приказ добијених резултата за укупну β-радиоактивност и Cs-137 у узорцима воде, речних седимената, обрадљиво, необрадљиво земљиште и трава за профил реке Вардар код локалитета Криволак.

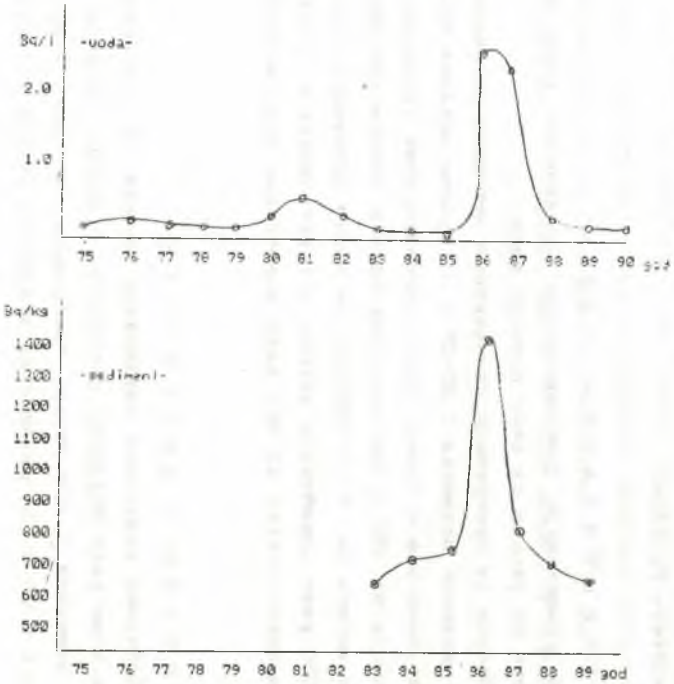
Е К С П Е Р И М Е Н Т А Л Н И Р А Д

У реализацији радиоеколошких испитивања реке Вардара обухваћени су узорци са више профила реке.

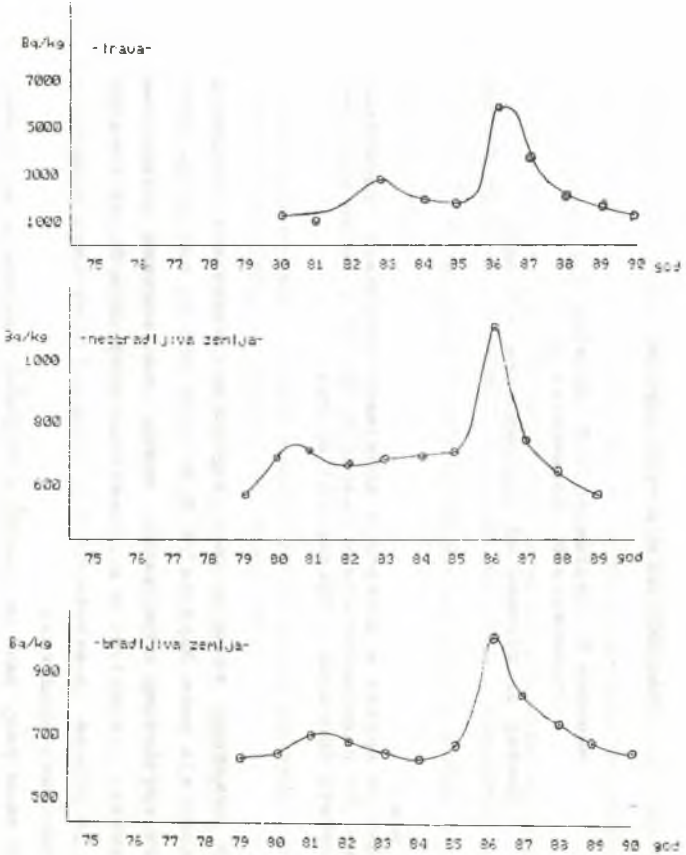
Узорци су припремани стандардним методама: упаравање филтрираног воденог примерка (20-25 l), сушење осталих примерака (седимент,земљиште и трава) после одговарајућег просејавања, минерализација на 450 C. Одговарајућа одвага хомогенизираног примерка је мерена на α-β бројачу за ниске активности, Canberra-Model 2200 ради одређивања укупне β- активности и γ-спектрометру Canberra-Series 40 MCA ради одређивања специфичних активности.

Р Е З У Л Т А Т И И Д И С К У С И Ј А

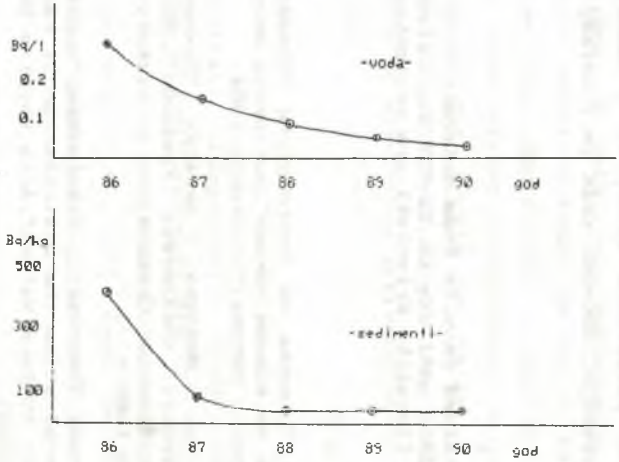
Добијени резултати одређивања укупне β- активности у узорцима воде реке Вардара, седимената - профил Криволак као и осталог земљишта (обрадљиво, необрадљиво и трава) приказани су на сл.1 и сл.2. За разлику од вредности укупне β-активности



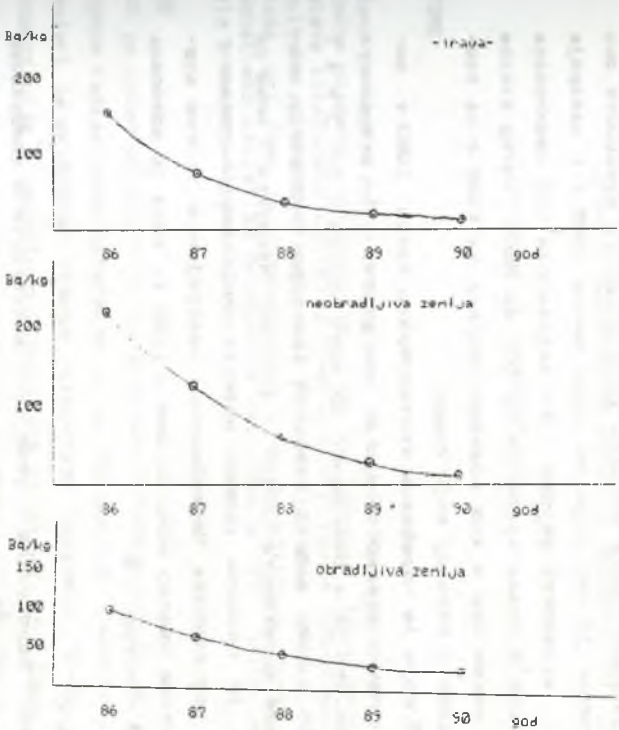
Сл. 1 Укупна β-активност у узорцима воде и седимената р. Вардар са локалитета Криволак



Сл. 2 Укупна β-активност узорака траве и земљишта са локалитета Криволак



Сл.3 Садржај Cs-137 у узорцима воде и седимената р.Вардар са локалитета Криволак



Сл. 4 Садржај Cs-137 у узорциматраве земљишта салокалитета Криволак

код водених узорака реке Вардара које показују вредности око 0.2 Bq/l изузеток је пик који се јавља након 1986 г.(хаварија у Черновилу), врадности укупне β - активности код седимената околног земљишта и траве креће се од 500 до 6500 Bq/kg такође са изразитим пиком као и код водених узорака за 1986 г.са тенденцијом опадања у периоду који следи.

Cs-137 који је одређиван континуирано након 1986 г. показује веома сличне вредности као и код укупне β - активности (нешто смањене,што је и очекивано) за исте узорке (Сл. 3 и 4)

Имајући у виду напред наведено (посебно тенденцију опадања специфичне активности Cs-137 - фисионог продукта) може се очекивати да је садашња укупна интерна експозиција локалног становништва резултирана Черновилском хаваријом и другим људским активностима знатно мања од оне у 1986 г. која је износила приближно 0.5 mSv/год. /4/

З А К Љ У Ч А К

На основу одређивања укупне β - активности и специфичне радиоактивности Cs-137 у различитим узорцима Вардарског речног система може се закључити да су већ након четири годиие постигнути релативно равнотежне вредности у односу на период пре Черновилске хаварије, посебно када је у питању укупна β-радиоактивност.

A b s t r a c t

The obtained results from determination of total β-activity and specific activity of Cs-137 in different samples from Vardar valley (locality Krivolak) are presented and discussed.

Р Е Ф Е Р Е Н Ц Е

/1/ Т.Ановски,"Примена на изотопските техники во следење на загадување на водени токови",докторска дизертација, Универзитет "Кирил и Методиј" - Скопје,1984

/2/ Л.Николовска, Б.Минчева, Т.Ановски ,"Праћење нивоа природне радиоактивности локалитета Криволак",Зборник радова са XIII Југословенског Симпозијума за заштиту од зрачења,Пула, 10-13 јуни 1985 г.

/3/ LJ.Hadzievski,T.Anovski,L.Nikolovska,"Application of Computer in evaluation the distribution of radionuclides released into surface waters",Acta Physica Hungarica 59(1-2) 225-228 (1986)

/4/ Радиоекологија на реката Вардар , фонд Републичка заедница за научни дејности СРМ ,Скопје 1988

K-40 U VODOTOCIMA BOSNE I HERCEGOVINE

Mirković G.*, Mihalj A.**

REZIME

Vršeno je ispitivanje prisustva kalijuma u glavnim vodotocima BiH metodom plamene fotometrije, te na osnovu konstantnog izotopskog sastava izračunata količina K-40 u filtriranim uzorcima vode. Dobiveni rezultati potvrdjuju mogućnost korištenja ove relativno jednostavne metode, pri čemu je konstatovano i to da količina K-40 u vodotocima prvenstveno zavisi od prisustva kalijuma u tlu koje se drenira, a zatim i emisije specifičnih otpadnih voda.

UVOD

K-40 je jedan od najvažnijih prirodnih radionuklida, čiji je doprinos ukupnom radiacionom opterećenju, u normalnim uslovima, značajan. U biosferi je prisutna visoka dinamika kruženja K-40, uz različite koncentracije u pojedinim elementima biosfere, pri čemu se u organizam čovjeka unosi ishranom i uzrokuje interno ozračivanje. Iz navedenih razloga vrlo je bitno poznavati količinu K-40 u vodama, koje su jedan od najvažnijih elemenata životne sredine. Direktno mjerenje K-40 u radiološkim laboratorijama je relativno jednostavno, ali zahtjeva znatnu pripremu uzoraka i relativno skupu opremu. U tom smislu pošlo se od podatka da odredjen broj laboratorija za hemijske analize voda ima instrumentaciju za kvantitativno odredjivanje rastvorenog kalijuma te činjenice da kalijum, bez obzira gdje se nalazi, ima konstantan izotopski sastav: K-39 (93,08±0,09%), K-40 (0,0119±0,0001%), K-41 (6,90±0,09%), kao i to da je specifična aktivnost K-40 31,45 Bq (853 pCi) po 1 g kalijuma (1).

MATERIJAL I METODE RADA

U radu su korišteni rezultati višegodišnjih (1980-1990) ispitivanja kvaliteta voda (kalijuma) glavnih vodotoka BiH (2). Mjerenja su vršena metodom plamene fotometrije (3). U svrhu poredjenja izvršeno je i gamaspektrometrijsko mjerenje K-40, pri čemu je korišten čisti germanijum (HPGe) detektor visoke rezolucije (1,95 keV) i relativne efikasnosti 25 % .

---

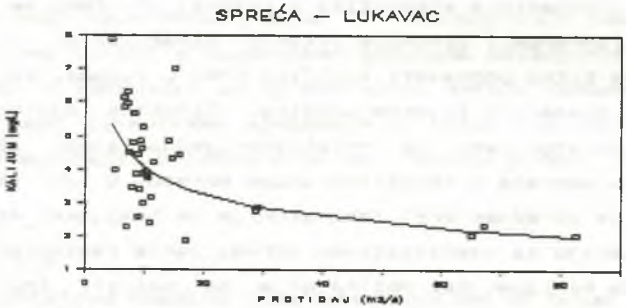
* Republički hidrometeorološki zavod BiH-Sarajevo

** Zavod za radiologiju Veterinarskog fakulteta u Sarajevu

Tabela 1. Količine rastvorenog kalijuma i K-40 u vodama važnijih vodotoka BiH /period ispitivanja 1980-1990/

PROFIL	kalijum /mg/L/	K-40 /Bq/L/
UNA Bos.Dubica	0.20-2.46 0.84	0.006-0.077 0.026
VRBAS Razboj	0.20-2.82 1.08	0.006-0.089 0.034
BOSNA Modrića	0.50-4.64 2.33	0.016-0.146 0.073
DRINA Goražde	0.20-1.04 0.52	0.006-0.033 0.016
NERETVA Čapljina	0.31-1-34 0.51	0.010-0.042 0.016
SPREĆA Stanić Rijeka	1.88-8.80 4.17	0.059-0.277 0.131

Slika 1. Odnos kalijuma i proticaja, višegodišnji trend kalijuma



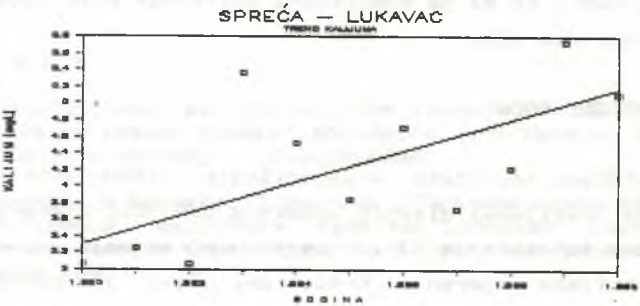


Tabela 2. Količina kalijuma u rijeci Spreći

PROFIL :		Lukavac-nizv.		Stanić Rijeka	
Redni broj	Datum uzork.	Proticaj vode (m3/s)	Kalijum (mg/L)	Proticaj vode (m3/s)	Kalijum (mg/L)
1	03-04-80	9.6	3.01	12.5	2.93
2	25-06-80	8.5	3.87	14.6	3.57
3	19-09-80	6.9	2.30	8.0	2.10
4	03-03-81	17.0	1.87	19.1	1.88
5	04-06-81	9.1	3.37	8.5	3.45
6	09-09-81	7.3	4.51	8.3	4.07
7	02-04-82	82.5	2.07	107.0	1.99
8	15-06-82	67.0	2.32	44.4	4.72
9	01-09-82	8.0	4.81	7.9	4.20
10	24-03-83	7.0	6.00	16.5	3.50
11	24-05-83	8.8	4.42	9.2	3.98
12	15-09-83	8.2	5.68	10.0	5.58
13	04-04-84	11.5	4.23	19.5	2.75
14	08-06-84	7.8	3.45	15.5	4.05
15	19-09-84	6.5	5.84	9.0	4.65
16	27-03-85	29.0	2.87	29.0	2.65
17	12-06-85	10.5	3.80	10.5	3.60
18	06-08-85	9.2	4.83	9.2	8.80
19	09-05-86	9.5	4.60	12.5	4.47
20	24-06-86	11.0	3.16	16.5	3.36
21	11-09-86	7.0	6.34	9.6	4.02
22	23-04-87	65.0	2.04	75.0	2.16
23	16-06-87	10.0	3.92	11.2	4.57
24	12-08-87	9.7	5.24	10.3	4.12
25	15-04-88	28.7	2.76	35.2	3.93
26	20-05-88	10.4	3.77	10.8	3.87
27	19-08-88	6.4	6.12	6.8	6.80
28	20-04-89	4.4	7.92	4.9	7.72
29	02-06-89	14.0	4.84	14.8	4.54
30	14-09-89	15.7	4.44	16.8	4.09
31	04-04-90	15.0	7.00	16.0	4.64
32	23-05-90	14.5	4.34	15.8	5.96
33	30-08-90	5.0	3.99	6.5	4.76
	MIN.	4.4	1.87	4.9	1.88
	MAX.	82.5	7.92	107.0	8.80
	SR.VRIJ.	16.4	4.23	18.8	4.17
	SD	18.4	1.46	20.4	1.50

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja kalijuma i preračunati K-40 na važnijim vodotocima (uglavnom ušća) dati su u Tabeli 1. Primjetno je da je količina kalijuma, a time i K-40 najveća u rijeci Spreći, što je u direktnoj vezi sa vadjenjem i preradom soli u tuzlanskom bazenu. Iz tog razloga posebno je u Tabeli 2. dat pregled rezultata analiza količine kalijuma u rijeci Spreći, pri čemu je konstatovana njegova zavisnost od proticaja vode, kao i trend povečanja rastvorenog kalijuma, Slika 1. Gamaspektrometrijsko ispitivanje je potvrdilo ovako dobivene rezultate. Radi poredjenja rezultata i evidentne količine rastvorenog kalijuma, a time i K-40 u vodama navodimo da u nekim podzemnim vodama, koje se upotrebljavaju za piće, ima od 40-60 mg K/L, tj. 1,26-1,89 Bq/L K-40, što je znatno više od pronadjenih količina u vodotocima i prelazi MDK vrijednosti za vode za piće (4).

ABSTRACT

K-40 in River Waters of Bosnia and Herzegovina

The presence of potassium in main rivers of Bosnia and Herzegovina has been assayed both by flame photometry method and computational method based on constant isotopic composition of filtered water samples. Results confirm the possibility of using this relatively simple method. It is speculated that amounts of K-40 in river waters are dependent primarily on the presence of potassium in watershed soil, and in wastewater effluents.

LITERATURA :

1. Eisenbud M. : Environmental radioactivity.(Second edition).Academic Press, New York and London, 1973.

2. Republički hidrometeorološki zavod SR BiH, Sarajevo: Ispitivanje kvaliteta površinskih voda u SR BiH. Godišnji izvještaji od 1980-1990.

3. Poluektov N.S.: Analitičke metode plamene fotometrije. Tehnička knjiga, Beograd, 248, 1973.

4. Pravilnik o higijenskoj ispravnosti pitke vode. Sl.list SFRJ br.33/87, 865-874,Beograd.

TRITIJ V VODAH V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Teodor Mohar, Uroš Miklavžič, Ivan Kobal

Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani,
Jamova 39, p.p. 100, 61111 Ljubljana

Redni radiološki nadzor Nuklearne elektrarne Krško (NEK) obsega tudi meritve tritija v reki Savi, v padavinah in vodovodnih črpališčih krškobrežiškega polja,ki preskrbujejo s pitno vodo Krško, Brežice in okoliška naselja. Vzorce zbiramo dnevno, analiziramo pa mesečne sestavljene vzorce.Tritij obogatimo z elektrolizo in nato merimo na spektrometru beta na tekoči scintilator. Aktivnosti tritija v črpališčih krškega oziroma brežiškega vodovoda so močno korelirane zaktivnostmi tritija v Savi pred elektrarno oziroma za elektrarno, tako da povišane vrednosti v brežiškem vodovodu v preteklih devetih letih kažejo na očiten vpliv elektrarne, ki pa je v pričakovanih okvirih.

UVOD

Analize tritija v vodah so bile vključene že v predobratovalne meritve radioaktivnosti. Izbor vzorčevalnih mest in pogostost analiz se je s časom spreminjala glede na zahteve in rezultate sprotnih meritev. Danes je ta obseg naslednji: vodo zajemamo po en liter na dan iz Save v Krškem pri mostu, v Brežicah pri mostu ter v vodovodnih črpališčih za Krško (Drnovo, Brege), v lokalnem zajetju Dolenja vas ter do srede 1990. leta v starem črpališču Brežic. Poleg tega zbiramo in mesečno analiziramo padavine v Krškem, Brežicah in Dobovi ter enkrat na tri mesece s takojšno analizo (iskanje morebiti prisotnih kratkoživih izotopov) vodovodno vodo iz pip v Krškem in Brežicah.

ANALIZE

Vzorec vode (0,3 dm^3) z destilacijo očistimo hlapnih in anorganskih primesi (1). Destilatu (250 cm^3) dodamo 1,5 g Na_2O_2 in prelijemo v elektrolizno celico tipa IAEA

(2).Elektroliziramo pri temperaturi med 0 in -1,5°C v treh različnih režimih toka, in sicer 15 ur pri 3 A , 120 ur pri 5 A in 20 ur pri 3 A, to je skupno 705 amperskih ur (3, 4, 5) Volumen vzorca se pri tem zmanjša na okrog 10 cm^3, kar pomeni 20 do 25 kratno obogatitev tritija. Dejansko obogatitev računamo iz aktivnosti vode z znano vsebnostjo tritija pred in po elektrolizi. Ostanek po elektrolizi predestiliramo iz nerjavnih bučk. Iz 6 cm^3 destilata in 13 cm^3 scintilatorja Packard Instagel pripravimo števno mešanico, ki jo analiziramo na spektrometru Packard TriCarb Modell 3255 LSC. V eni seriji meritev analiziramo 12 obogačenih vzorcev, tri referenčne obogačene vzorce z znano aktivnostjo, dva referenčna neelektrolizirana vzorca z znano aktivnostjo, dva certifirana standarda (NIST Standard 4926 (C)) in dva vzorca brez tritija. Ozadje števca je 4 do 6 min^{-1}, njegov izkoristek pa 0,22 do 0,23 $s^{-1}Bq^{-1}$. Vsak vzorec štejemo od 30 do 60 minut, celotno serijo poštejemo sedemkrat in vzamemo povprečno vrednost. Med meritvijo podatke iz spektrometra zbiramo na posebni doma razviti računalniški kartici. Ko je meritev končana, jih prenesemo na osebni računalnik in obdelamo.

REZULTATI MERITEV IN DISKUSIJA

Na sliki 1 so pokazane letne aktivnosti tritija v tekočih emisijah NEK v preteklih 9 letih obratovanja, kot jih podaja NEK v svojih letnih poročilih. Vrednosti znatno ne presegajo 50% mejne vrednosti, podane s tehničnimi specifikacijami (TSL) in tudi upravno dovoljene vrednosti emisij. Pri tem je potrebno poudariti, da so lete za NEK nižje kot v večini evropskih dežel. Na sliki 2 so prikazana letna povprečja koncentracij H-3 v krški (povprečje za dve črpališči) in brežiški pitni vodi (do srede leta 1990 staro črpališče) ter koncentracije H-3 v savski vodi na referenčnem mestu (Krško nad NEK) in v Brežicah (za NEK) V vseh letih do 1990 je brežiški vodovod kazal približno 1,5 do 2 krat višjo aktivnost tritija kot krški, kar se dobro ujema tudi s povišano vsebnostjo tritija v savski vodi v Brežicah. Boljšo korelacijo med savsko vodo in črpališči v Krškem je pripisati jezu nad elektrarno, ki skrbi za bolj stalen dotok vode v podtalnico medtem ko je v Brežicah dotok Save v podtalnico očitno močneje odvisen od nivoja Save. V drugi polovici leta 1990 je bilo v Brežicah aktivirano novo globje črpališče, ki je zaenkrat prekinilo povezavo s Savo prekinilo rezultat je velik padec aktivnosti H-3.

ZAKLJUČEK

Tritij nastopa v efluentih (zlasti tekočih) v obliki tritirane vode HTO in je zato za razliko od drugih radionuklidov, ki se vežejo na snovi v okolju, praktično neomejeno gibljivo. Emitirane aktivnosti tritija iz jedrske elektrarne so sicer omejene s tehnologijo, tako da do prekoračitev zaradi povečanih koncentracij v emisijah ne more priti, vendar pa je zaradi omenjenih lastnosti nadzor nad tritijem oziroma njegovim razredčevanjem pomemben. Prenos tritija v brežiško vodovodno vodo v preteklem 9 letnem obdobju do srede leta 1990 je po velikostih doznih obremenitev, ki jih je povzročal, nepomemben, je pa edini primer detektiranega prenosa efluentov po prehrambeni poti do prebivalcev, ki ga je lahko pripisati NEK.

LITERATURA

1. National Council on Radiation Protection and Measurements, "Tritium measurement techniques", NCRP Report No 47 (1976) str. 25

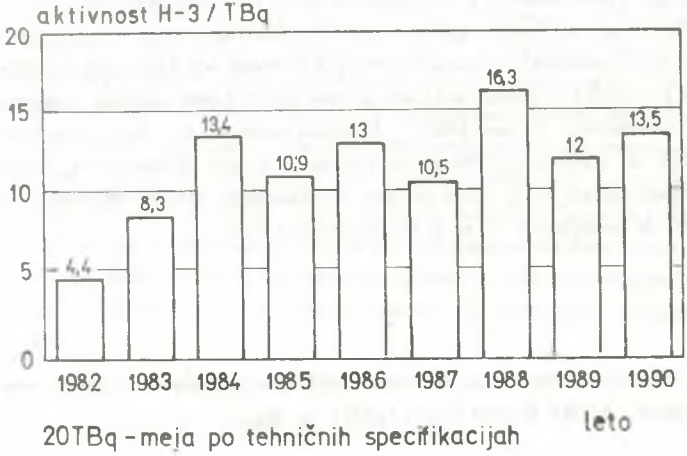
2. T: FLORKOWSKI, "Tritium electrolytic enrichment using metal cells", Low level tritium measurement, Proc. Consultants Meet., Dunaj 1979, IAEA TECDOC-246 (1981), str. 133

3. J.F. CAMERON, B. R. PAYNE, "Apparatus for concentration and measurements of low tritium activities", Proc.6thInt. Conf. Radiocarbon and Tritium Dating, Washington 1965, US AEC Conf. -650652

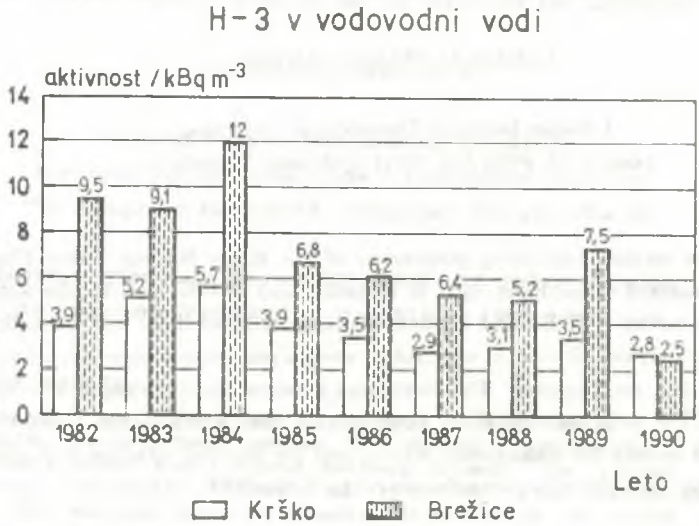
4. T. FLORKOWSKI, "Low level tritium essay in water samples by electrolytic enrichment and liquidscintillation counting in IAEA laboratory", IAEA - SM-252/63 (1981), str.335

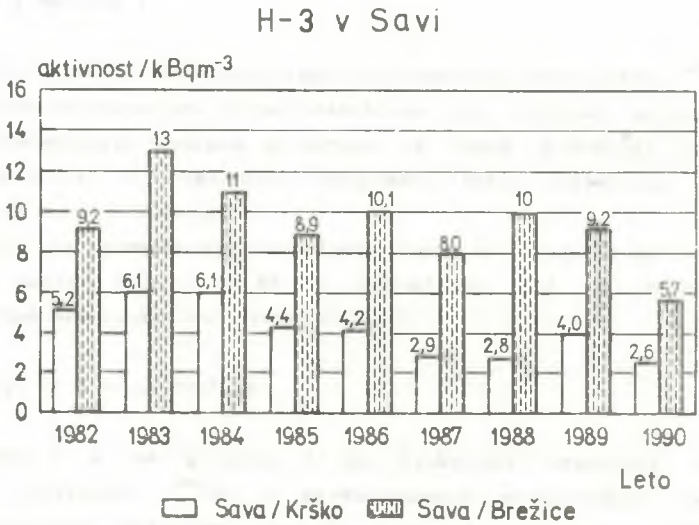
5. C. B. TAYLOR, "Tritium enrichment of environmental waters by electrolysis: development of cathode exhibiting high isotopic separation and precise measurement of tritium enrichment factors", Proc. Int. Conf. Low Radioactivity Measurements and Applications, Visoke Tatre 1975

Letna aktivnost H-3 v tekočih izpustih



Slika 1 : Trilij v letnih izpustih iz NEK





Slika 2 : Trilij v vodovodni vodi in v Savi

TRITIUM IN WATER AROUND THE KRŠKO NULEAR POWER PLANT

T.Mohar, U. Miklavžič, I.Kobal

J. Stefan Institute, University of Ljubljana
Jamova 39. POB 100, 61111 Ljubljana, Yugoslavia

Inside the regular monitoring programme of the Krško Nuclear Power Plant tritium is measured in the River Sava, in rainwater and in wells used for the water suply for the towns of Krško and Brežice. Water is sampled daily and a monthly composite is analysed. Tritium is enriched by electrolysis and measured on a liquid scintillation beta spectrometer. The correlation between yearly averaged activities measured in the wells and the River Sava indicate that a substantial amount of Sava water is feeding the underground waters, and the elevated activities in Brežice drinking water show the expected influence of the Krško NPP.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Pantelić G., Brnović R.

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

INTERNA KONTAMINACIJA CEZIJUMOM 137 PUTEM ISHRANE ZA STANOVNIŠTVO SRBIJE U PERIODU 1986-1990 god

Kratak sadržaj :

Prikazani su rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u prehrambenim proizvodima (mleko i mlečni proizvodi, žitarice, povrće, voće i meso) kao i trend dnevnog unosa ^{137}Cs putem ishrane za populaciju u Republici Srbiji od 1986-1990 god. Procenjene su efektivne ekvivalentne doze za stanovništvo Srbije u ovom periodu i one se kreću od 0.66 mSv za 1986 god do 0.005 mSv za 1990 god.

UVOD I METODA :

U ovom radu su prikazani rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u prehrambenim proizvodima karakterističnim za ishranu stanovništva u Srbiji. Sakupljanje uzoraka je vršeno 2 puta godišnje (prolećna i jesenja sezona) u regionima Beograda, Niša, Zaječara, Titovog Užica, Novog sada i Subotice.

Uzorci za gamaspektrometrijsku analizu pripremani su na standardni način i mereni na HP Ge detektoru koji je povezan sa 8000 kanalnim analizatorom firme "ORTEC".

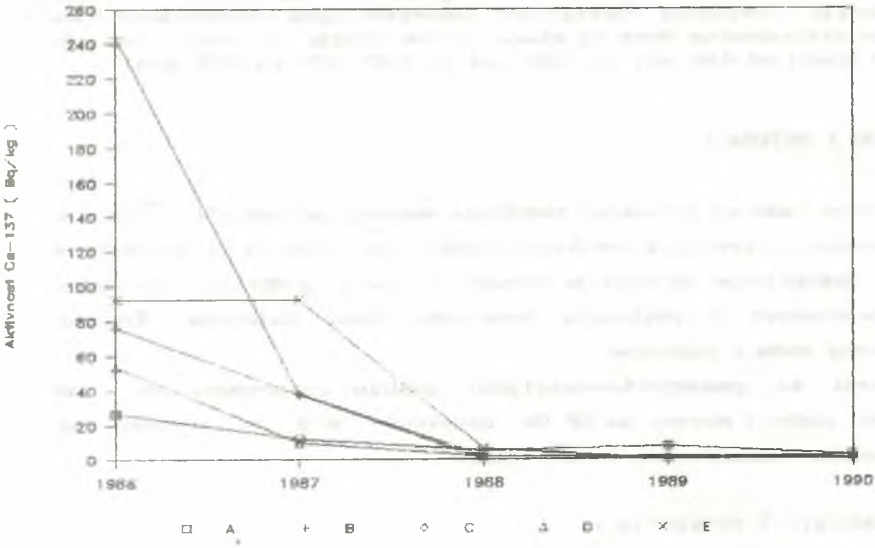
REZULTATI I DISKUSIJA :

U tabeli 1 i na grafiku 1 su prikazani rezultati srednjih vrednosti aktivnosti ^{137}Cs u prehrambenim proizvodima (mleko i mlečni proizvodi, žitarice, povrće, voće i meso) u Srbiji u periodu od 1986 do 1990 godine. Na osnovu ovih podataka i podataka o jugoslovenskoj strukturi ishrane izračunat je dnevni i godišnji unos aktivnosti ^{137}Cs putem ishrane u ljudski organizam za populaciju u Srbiji kao i efektivna ekvivalentna doza koju su odrasli pojedinci primili u periodu 1986-1990. god. što je prikazano u tabeli 2 i na graficima 2 i 3.

TABELA 1 : AKTIVNOST ^{137}Cs U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA U SRBIJI (Bq/kg)

Vrsta uzorka	1986	1987	1988	1989	1990
Mleko i ml.poizv	26.50	12.12	5.32	7.24	2.45
Žitarice	244.30	37.96	2.05	1.20	0.52
Povrće	75.90	37.65	0.47	0.43	0.64
Voće	53.80	9.43	1.89	1.87	0.69
Meso	92.23	92.45	6.63	-	2.27

GRAFIK 1: AKTIVNOST ^{137}Cs U PREHRAMBENIM PROIZVODIMA (srednje vrednosti za Srbiju)



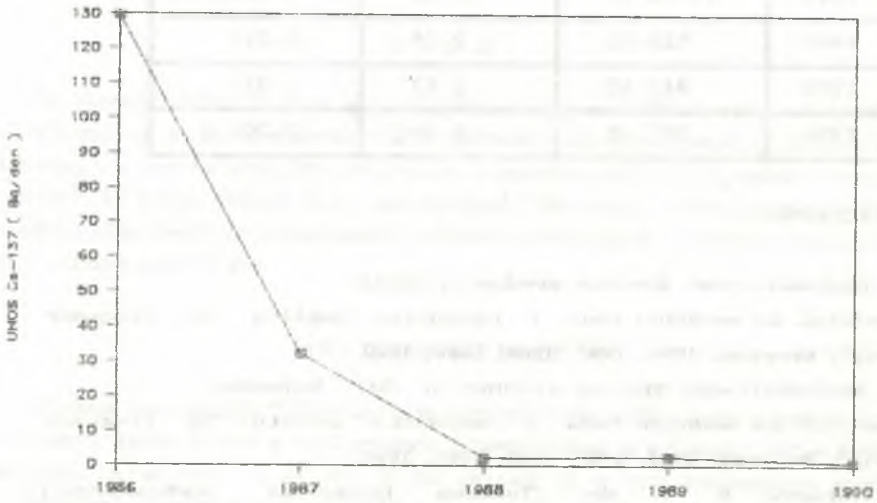
A - MLEKO I MLEČNI PROIZVODI; B - ŽITARICE; C -POVRĆE; D - VOĆE; E - MESO

ZAKLJUČAK :

Rezultati naših ispitivanja ^{137}Cs u prehrambenim proizvodima, zatim dnevnog unosa ovog radionuklida ishranom u organizam stanovnika Srbije kao i odgovarajuće efektivne ekvivalentne doze zračenja za odraslu populaciju u Srbiji u periodu 1986-1990 god, pokazuju značajno opadanje aktivnosti ^{137}Cs u ciklusu ishrane. Ovo

je uslovilo opadanje efektivne ekvivalentne doze zračenja od ^{137}Cs unetog ingestijom u 1990 god. za oko 130 puta u odnosu na 1986 godinu (Černobilski akcident) za stanovništvo Srbije.

GRAFIK 2: UNOS ^{137}Cs INGESTIJOM



GRAFIK 3: EFEKTIVNA EKVIVALENTNA DOZA ZA STANOVNIŠTVO U SRBIJI

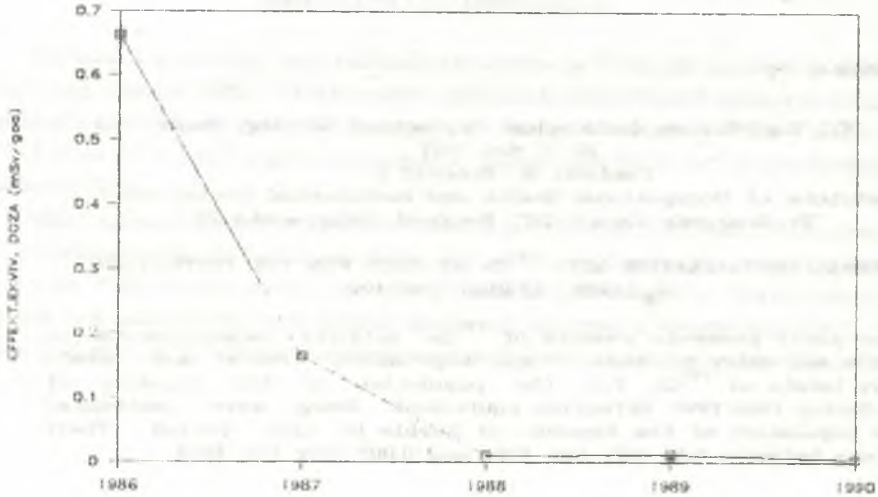


TABELA 2 : SREDNJI GODIŠNJI I DNEVNI UNOS ^{137}Cs I EFEKTIVNA EKVIVALENTNA DOZA ZA STANOVNIŠTVO SRBIJE

GODINA	Bq/god.	Bq/dan	Doza(odrasli) mSv/god
1986	47310.27	129.53	0.662
1987	11782.40	32.26	0.164
1988	826.55	2.26	0.011
1989	940.45	2.57	0.013
1990	357.65	0.98	0.005

LITERATURA :

1. Radioaktivnost životne sredine u Srbiji

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990

2. Radioaktivnost životne sredine u SAP Vojvodini

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990

3. Brnović R. i dr. "Interna izloženost radioaktivnoj kontaminaciji stanovništva u SR Srbiji putem ishrane posle Černobilske havarije", XIV Jugoslovenski simpozijum Novi Sad 1987

4. M. W. Carter "Radionuclides in the food Chain"

5. Statistički godišnjak Jugoslavije 1986, 1989

ABSTRACT :

XVI Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Neum
28-31 May 1991
Pantelić G., Brnović R.
Institute of Occupational Health and Radiological Protection
"Dr Dragomir karajović", Beograd, Deligradska 29

INTERNAL CONTAMINATION WITH ^{137}Cs BY FOOD FOR THE POPULATION OF SERBIA DURING 1986-1990

The paper presents results of ^{137}Cs activity measurements in food (milk and dairy products, crops, vegetables, fruits and meat) and daily intake of ^{137}Cs for the population of the republic of Serbia during 1986-1990. Effective equivalent doses were estimated for the population of the Republic of Serbia in that period. Their values are between 0.66 mSv for 1986 and 0.005 mSv for 1990.

KONCENTRACIJE RADONA V STANOVANJIH IZ ELEKTROFILTRSKIH GRADBENIH MATERIALOV V MARIBORU

M.Peternel, B.Čanč, J.Vaupotič, T.Šutej, I.Kobal, P.Stegnar

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

UVOD

Na območju občine Maribor so v obdobju od 1961 do 1966 zgradili iz elektrofiltrskih zidakov in gradbenih materialov, ki so vsebovali elektrofiltrski pepel, približno 1600 stanovanj, v katerih živi okoli 6000 stanovalcev. Z namenom, da bi dobili pregled o koncentracijah ^{222}Rn v tem bivalnem okolju, smo spomladi 1990, skupaj v okoli 150 stanovanjih, izvedli trenutne meritve, v spomladansko - poletnem obdobju pa še 4 - mesečne kontinuirne meritve koncentracij ^{222}Rn.

ANALIZNE METODE

Trenutne koncentracije ^{222}Rn v zraku smo izmerili z alfa scintilacijsko metodo (Kobal in sodelavci, 1988), in sicer v tistih prostorih (dnevnih sobah in kuhinjah), kjer se ljudje zadržujejo največ časa. Ti prostori so bili najmanj 12 ur pred vzorčevanjem zaprti (neprezračeni). Kontinuirne meritve ^{222}Rn smo opravili z detektorji sledi jedrskih delcev alfa (Šutej in sodelavci, 1988), istočasno smo s termoluminiscentnimi dozimetri izmerili tudi absorbirano dozo sevanja gama.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Na Slikah 1 in 1a so prikazane kontinuirne koncentracije ^{222}Rn (čas izpostavitve detektorjev maj - oktober 1990) v 83 stanovanjih, zgrajenih iz elektrofiltrskih zidakov in drugih gradbenih materialov iz elektrofiltrskega pepela. Razpon koncentracij ^{222}Rn v zraku je bil od 17 do 425 Bq m^{-3}, s povprečno trenutno koncentracijo 84 Bq m^{-3} in standardnim odklonom 65 Bq m^{-3}.

Slika 2 prikazuje primerjavo med kontinuirnimi in trenutnimi meritvami v 18 stanovanjih iz elektrofiltrskih gradbenih materialov, kjer so bile kontinuirne (4 - mesečne) koncentracije ^{222}Rn v zraku vedno nižje od rezultatov trenutnih meritev. Korelacijski koeficient med kontinuirnimi in trenutnimi meritvami, izračunan z linearno regresijo ($y = -0,72 + 0,44x$), je bil 0,58, kar predstavlja srednje dobro odvisnost med spremenljivkama.

Iz tega sklepamo, da so trenutne meritve koncentracij radona v bivalnem okolju pri najbolj neugodnih pogojih vzorčevanja (neprezračena stanovanja) dobra osnova oziroma vodilo za izbiro stanovanj za kontinuirne meritve ^{222}Rn v zraku.

Slika 3 prikazuje frekventno distribucijo kontinuirnih meritev ^{222}Rn, kjer so bile samo v 5 stanovanjih (od skupaj 83) iz elektrofiltrskih gradbenih materialov 4 - mesečne povprečne koncentracije ^{222}Rn višje od 200 Bq m^{-3} . V razponu teh koncentracij ^{222}Rn v zraku, od 205 do 425 Bq m^{-3}, bi bila zaradi radona letna sevalna obremenitev stanovalcev od 10 do 21 mSv.

LITERATURA

Kobal, I., Vaupotič, J., Burger, J., Environment International, 1988, 14, 342-348.

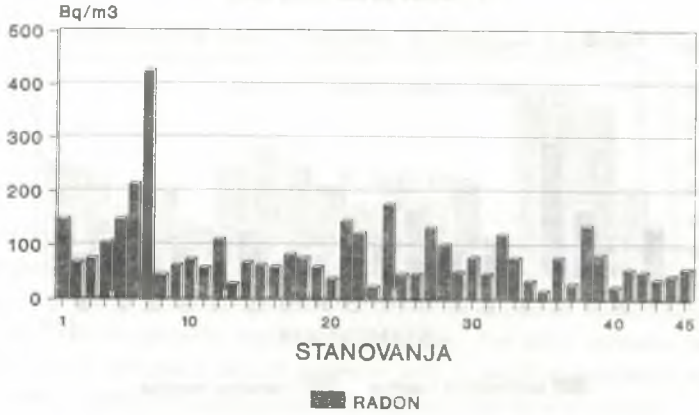
Šutej, T., Ilić, R., Najžer, M., Nucl. Tracks Radiat. Meas., 1988, 15, Nos. 1-4, pp. 547-550.

INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN DWELLINGS IN MARIBOR CONSTRUCTED FROM FLY ASH CONTAINING MATERIALS

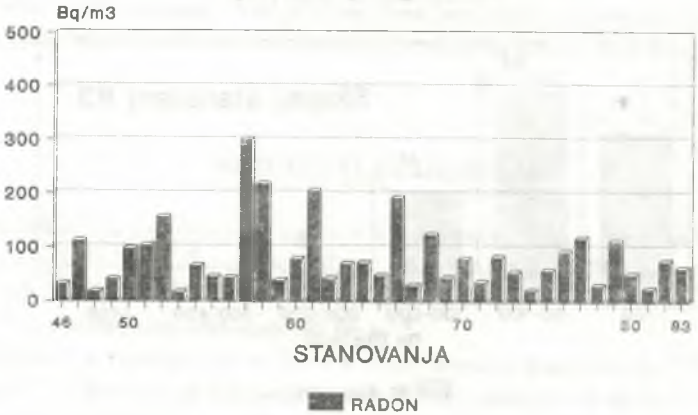
ABSTRACT

In spring and summer of 1990 instantaneous and continuous (long-term) radon concentrations were measured in approximately 150 dwellings in Maribor, built in the mid sixties from fly ash containing construction materials. Alpha scintillation counting was used for instantaneous measurements, and solid state nuclear track detectors were applied for continuous indoor radon measurements. Long-term (exposure period 4 months) indoor radon concentrations ranged from 17 to 425 Bq m^{-3}, with an overall average of 84 ± 64 Bq m^{-3}. There were 5 dwellings where long-term indoor radon levels exceeded 200 Bq m^{-3}; these concentrations in the range from 200 to 425 Bq m^{-3} corresponded to effective annual dose equivalents of 10 to 21 mSv. The correlation factor between instantaneous and long-term indoor radon concentrations in 18 dwellings was 0.58, which gives a fairly good basis for selection of dwellings for continuous indoor radon measurements.

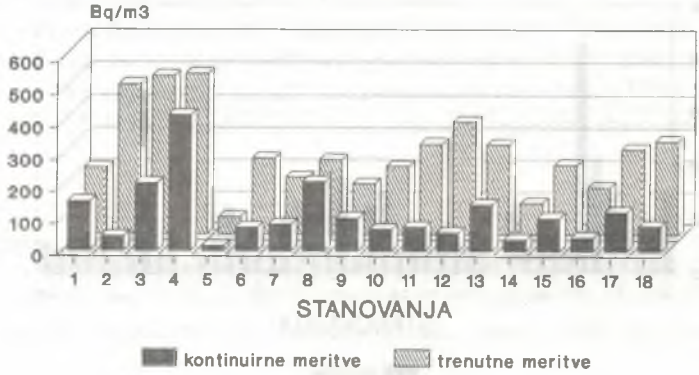
Slika 1: RADON V STANOVANJIH



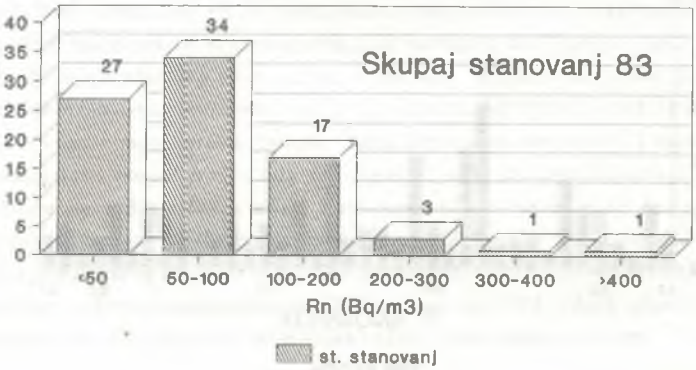
Slika 1a: RADON V STANOVANJIH



Slika 2: RADON V STANOVANJIH
Primerjava meritev



Slika 3: FREKVENTNA DISTRIBUCIJA
Kontinuirne meritve



KONCENTRACIJE RADONA V VRTCIH IZ MARIBORA IN OKOLICE

M.Peternel, B.Čanč, J.Vaupotič, M.Škofljanec, I.Kobal, P.Stegnar

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana

UVOD

Januarja in februarja 1991 smo v 95 vrtcih iz občin Maribor, Pesnica, Ruše in Slovenska Bistrica izmerili koncentracije ^{222}Rn z namenom, da bi dobili pregled nad vsebnostjo ^{222}Rn v teh vrtcih in s tem izpostavljenost predšolskih otrok ionizirajočemu sevanju, ki izhaja iz ^{222}Rn in njegovih kratkoživih potomcev. Vsi vrtci, večinoma nepodkleteni in pritlični, so bili zgrajeni v zadnjih tridesetih letih iz različnih gradbenih materialov, najbolj pogosto iz prefabriciranih montažnih elementov po sistemu Marles.

ANALIZNE METODE

Trenutne koncentracije ^{222}Rn v zraku smo izmerili z alfa scintilacijsko metodo (Kobal in sodelavci, 1988), in sicer v tistih prostorih vrtcev, kjer se otroci zadržujejo največ časa. Ti prostori so bili najmanj 12 ur pred vzorčevanjem zaprti (neprezračeni). Pri odvzemu vzorca zraka smo s prenosnim scintilacijskim merilnikom izmerili tudi hitrost doze sevanja gama.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Na Slikah 1 in 2 so prikazane trenutne koncentracije ^{222}Rn v vrtcih na območju Maribora in sosednjih občin (čas meritev od 16.1. do vključno 1.2.1991). Koncentracije ^{222}Rn so bile zelo različne, od 11 do 945 Bq m^{-3} zraka, s povprečno trenutno koncentracijo 115 Bq m^{-3} in standardnim odklonom 160 Bq m^{-3}.

Iz Slike 3 je razvidno, da so bile v 9 vrtcih trenutne koncentracije ^{222}Rn manjše od 20 Bq m^{-3}, v 38 vrtcih so bile koncentracije ^{222}Rn v območju od 20 do 50 Bq m^{-3}, v 21 vrtcih od 50 do 100 Bq m^{-3} zraka in v 11 vrtcih od 100 do 200 Bq m^{-3}. V 16 vrtcih so bile koncentracije ^{222}Rn večje od 200 Bq m^{-3}, med temi so 4 rezultati presegali vrednost 500 Bq m^{-3} zraka.

Slika 4 prikazuje povprečne koncentracije ^{222}Rn v vrtcih glede na gradbene materiale; najvišje povprečne koncentracije v vrtcih iz rdeče opeke (171 Bq m^{-3}) bi lahko pripisali

vplivu slabšega naravnega zračenja, ki je povezano z bolj kvalitetnim tesnenjem zgradb v primerjavi s tistimi objekti, ki so bili zgrajeni po montažnem sistemu.

Trenutne koncentracije ^{222}Rn v vrtcih pri neugodnih pogojih meritev (zimsko obdobje, zaprti prostori) so dobra osnova za kontinuirne meritve ^{222}Rn zlasti tam, kjer so bile trenutne koncentracije ^{222}Rn večje od 200 Bq m^{-3}. V teh vrtcih že potekajo kontinuirne (3 mesečne) meritve ^{222}Rn, in sicer z detektorji jedrskih sledi delcev alfa. Rezultati teh meritev bodo izhodišče za izračun doze ionizirajočih sevanj in osnova za bolj natančno oceno sevalne obremenitve predšolskih otrok v vrtcih.

LITERATURA

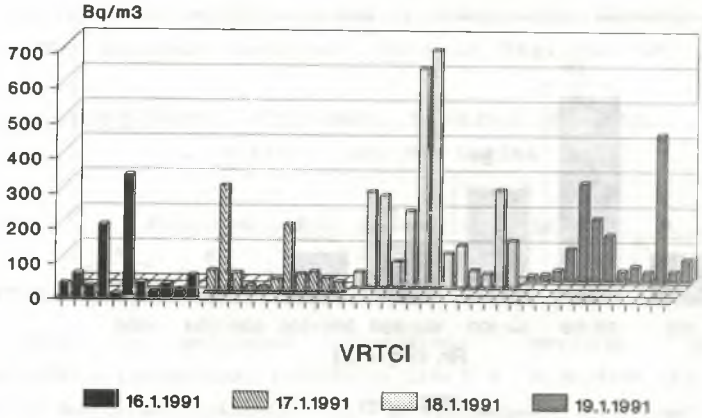
Kobal, I., Vaupotič, J., Burger, J., Environment International, 1988, 14, 345-348.

INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN KINDERGARTENS FROM MARIBOR AND ITS VICINITY

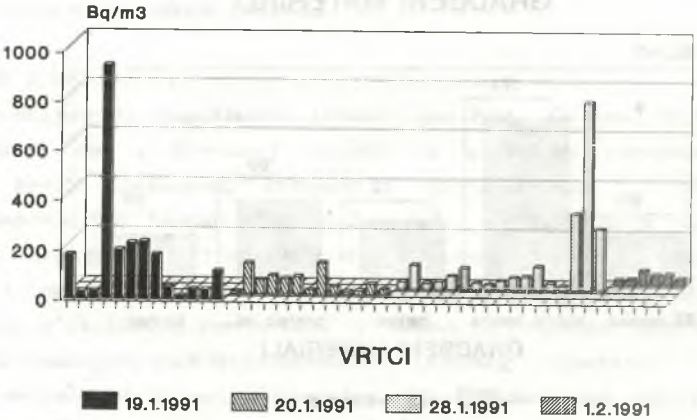
ABSTRACT

In January and February 1991 instantaneous radon concentrations in air were measured in 95 kindergartens from Maribor and neighbouring communities. Alpha scintillation counting was used as a screening method, and the measurements were carried out in the rooms where children spent the majority of their time. The indoor radon concentrations ranged from 11 to 945 Bq m^{-3}, with an overall average of 115 ± 160 Bq m^{-3}. There were 16 kindergartens where indoor radon levels exceeded 200 Bq m^{-3}; in 4 of these kindergartens more than 500 Bq m^{-3} of ^{222}Rn was measured. In all rooms with a radon level exceeding 200 Bq m^{-3}, solid state nuclear track detectors were applied for long-term indoor radon measurements.

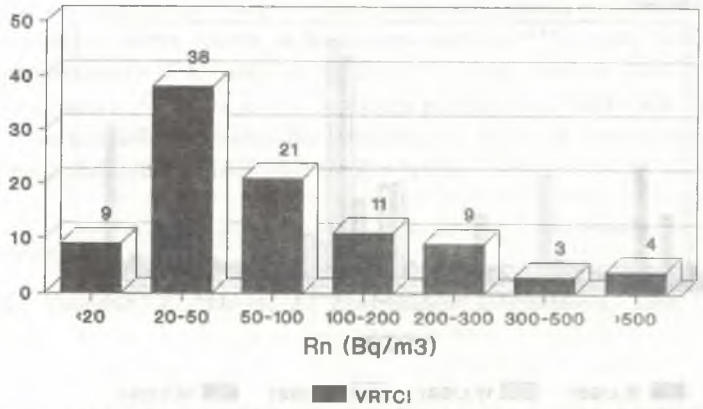
Slika 1: RADON V VRTCIH



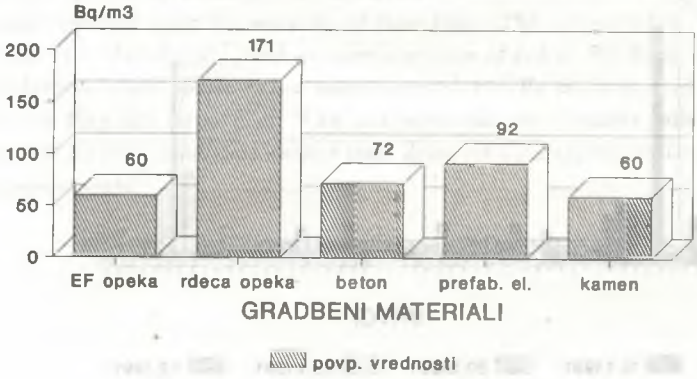
Slika 2: RADON V VRTCIH



Slika 3: FREKVENTNA DISTRIBUCIJA



Slika 4: RADON V VRTCIH
GRADBENI MATERIALI



XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Klinički centar Medicinskog fakulteta
Institut za medicinu rada i radiološku zastitu
"Dr Dragomir Karajović", Beograd, Dligradska 29

STONCIJUM-90 U PADAVINAMA I MLEKU U SRBIJI ZA PERIOD 1986-1990 GODINA

Petrović Irena, Brnović Radmila

KRATAK SADRŽAJ:

U radu su prikazani rezultati merenja aktivnosti stroncijuma-90 u padavinama i mleku u Srbiji i Vojvodini za period 1986-1990god. Rezultati pokazuju da je povećana aktivnost Sr-90u padavinama i mleku u 1986.god.,kao rezultat akcidenta u Černobilu, tokom sledećih godina (1987-1990.god.) značajno opala. Tako je aktivnost Sr-90 u padavinama u Srbiji (srednje vrednosti) u 1989g. opala 42,7 puta a u mleku 2,7 puta u odnosu na 1986god. Takodje su analizirani i utvrdjeni korelacioni odnosi za Sr-90 u padavinama i mleku u ovom vremenskom periodu.

UVOD I METODA

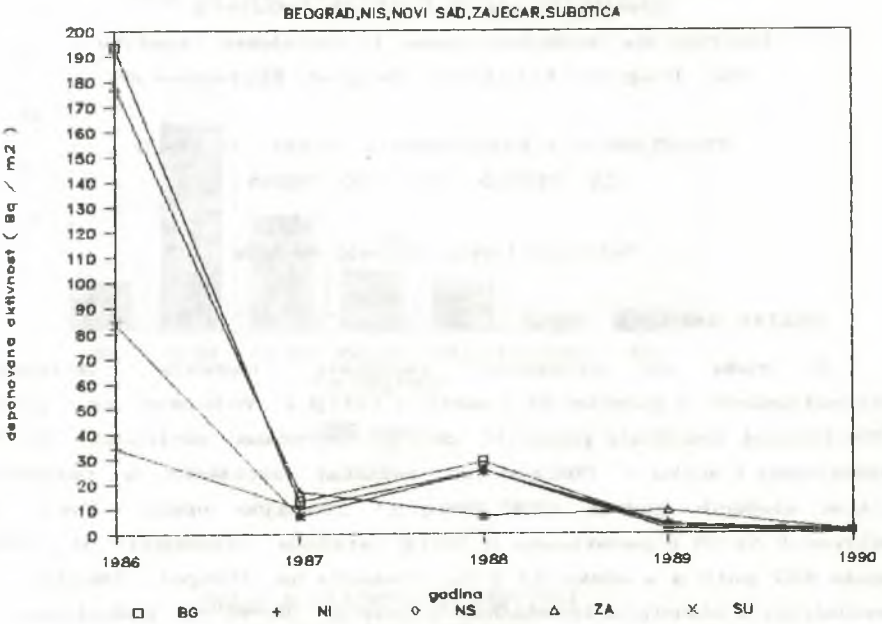
Stroncijum-90, dugoživeći fisioni produkt (vreme poluraspada 28god),nalazi se u životnoj sredini u globalnim razmerama sa pojavom prvih nuklearnih eksplozija (1945god.),kao i izvršenjem serije nuklearnih testova u atmosferi (SAD,SSR)koji su bili naročito intenzivni 1960-1962god. Obzirom da stroncijum-90 hemijski i metabolički prati kalcijum, vrlo je značajno njegovo ispitivanje u ekološkim sistemima, posebno u ciklusu ishrane, kao jednog od značajnih radiokontaminanata ljudskog organizma.

Deponovana aktivnost stroncijuma-90 u padavinama odredjena je u regionima: Beograda, Niša, Zaječara[1], Novog Sada i Subotice[2],a specifična aktivnost Sr-90 u mleku u regionima : Beograda,Niša i Novog Sada.

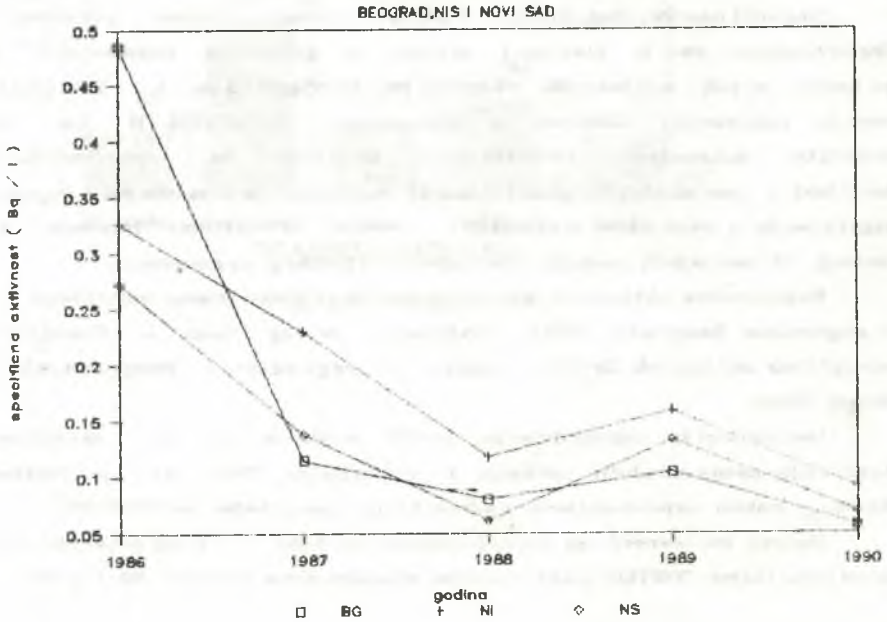
Metodologija odredjivanja Sr-90 zasniva se na oksalatnom taloženju zemnoalkalnih metala i izdvajanju Y-90 na povlačivaču $Al(OH)_3$, nakon uspostavljene radioaktivne ravnoteže Sr-90-Y-90[3].

Uzorci su mereni na niskofonskom brojaču - kompjuterizovanom uredjaju firme "ORTEC",kalibrisanom standardima Sr-90-Y-90 i K-40.

sl.1. STRONCIJUM U PADAVINAMA



sl.2. STRONCIJUM-90 U MLEKU



REZULTATI I DISKUSIJA

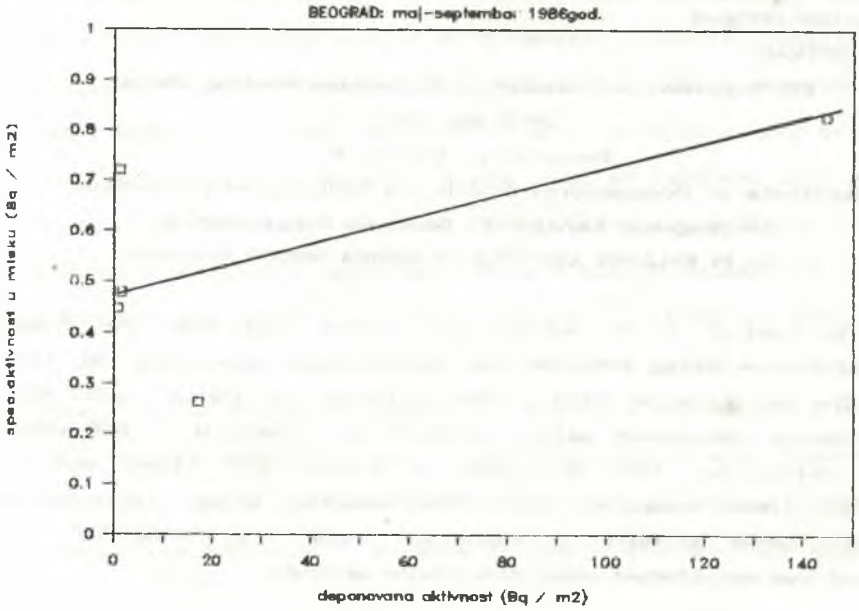
Na sliikama 1. i 2., grafički je prezentovan trend deponovane aktivnosti Sr-90 u padavinama i specifične aktivnosti Sr-90 u mleku u Srbiji za period 1986-1990 god.

Detaljne korelacione analize[4] za: (Sr-90)mleko:(Sr-90)padavine, izvršene su za Beograd i rezultati su prikazani u tabeli 1. i na sl.3.

Tabela br.1.:Korelacija : Sr-90-mleko i Sr-90-padavine u Beogradu (1986-1989) period maj-septembar

Godina	Koef.korelacije
1986	0.639
1987	-0.611
1988	-0.225
1989	-0.663

sl.3. KORELACIJA Sr-90:MLEKO-PADAVINE



Rezultati merenja aktivnosti u padavinama i mleku u Srbiji za period 1986-1990 god. pokazuju značajno opadanje aktivnosti Sr-90 u tim eko-segmentima od 1986-1990 god. Tako je deponovana aktivnost Sr-90 u padavinama u 1989god.bila 42.7 puta manja u odnosu na 1986god., a aktivnost Sr-90 u mleku bila je 1989god. 2,7 puta manja u odnosu na 1986god.(srednje vrednosti za Srbiju). Takodje je evidentno da aktivnost Sr-90 u mleku zavisi od aktivnosti Sr-90 u padavinama,što pokazuje medjusobni visok stepen korelacije u periodu primarne kontaminacije biljaka, kada je folijarna komponenta dominantna (vreme Černobila). Period 1987-89 godine, kada nema linerane korelacije izmedju Sr-90 u mleku i padavinama, je posledica naglog smanjenja aktivnosti u padavinama (42.7 puta) u odnosu na 1986god. i očigledan je uticaj parametara kontaminacije biljaka (stočna hrana) stroncijumom-90 iz zemljišta u odnosu na folijarnu komponentu aktivnosti Sr-90 u mleku.

LITERATURA:

1."Radioaktivnost u životnoj sredini republike Srbije(1986-1990)" Izveštaji IMRRZ

2."Radioaktivnost u životnoj sredini AP Vojvodine(1986-1990)" Izveštaji IMRRZ

3.Brnović R. : Naučno tehnički pregled, N°8,Beograd (1971)

4.Vukadinović S. :"Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike",1973god.

ABSTRACT :

XVI Yugoslavian Radiological Protection Meeting, Neum

28-31 May 1991

Petrović I., Brnović R.

Institute of Occupational Health and Radiological Protection

"Dr Dragomir Karajović", Beograd, Deligradska 29

Sr-90 IN FALLOUT AND MILK IN SERBIA DURING 1986-1990

The level of Sr-90 activity in fallout and milk for board geografic zone during 1986-1990 was studied and prezented in this paper.The rezults show that Sr-90 activity in fallout and milk significantly decreased after accident in Černobil (1987-1990). Sr-90 activity for 1989 decreased in fallout 42.7 times and in milk 2.7 times compared with 1986 year.The linear correlation between Sr-90 activity in falloutand milk for 1986-1989 in Beograd was established using statistical analysis.

RADIOCEZIJUM-134 I 137 U UZORCIMA LIŠAJA U PERIODU OD 1986. DO 1990. GODINE

Stanković S., Kraincanić M., Stanković A.

INEP - Institut za endokrinologiju, imunologiju i ishranu, Zemun, Banatska 31b

U periodu od 1986. do 1990. izvršeno je 112 gamaspektrometrijskih analiza radioaktivnosti lišaja (islandskog, hrastovog i lišaja bora) koji uglavnom potiču sa domaćih terena (Sinjajevina, Kopaonik...). Nivo aktivnosti radiocezijuma 134 i 137 u ispitivanim uzorcima je znatno viši od dozvoljene, 600 Bq/kg za hranu. S obzirom na široku primenu lišaja u ishrani i farmaceutskoj industriji pokušali smo da izvršimo desorpciju radiocezijuma primenom rastvora NaCl i CsCl. Maksimalno postignuta efikasnost dekontaminacije iznosi 76,2% .

UVOD

Poznata je činjenica da su lišajevi, pored mahovina, bioindikatori radioaktivne kontaminacije ekosistema. Lišajevi su višegodisnje biljke kod kojih je ostvarena simbioza gljiva i algi. Takve simbioze imaju različite morfološke i ekološke osobine od spojenih komponenata. Henkelovim ispitivanjem je utvrdjeno da u sastav lišaja, osim gljive i alge, ulazi još i bakterija-azotobakter, koja usvaja elemetarni azot i obezbedjuje ceo lišaj azotnom ishranom, dok gljiva dobija vodu i mineralne soli i daje smeštaj i zaštitu ostalim dvema komponentama (1). Lišajevi mogu vrlo brzo primiti padavine, rosu, čak i maglu, ali nemaju mogućnosti da tu primljenu vodu zadrže ukoliko vazduh nije zasićen vlagom. Tako su lišajevi organizmi koji bubre, čiji se razvoj menja od razdoblja aktivnog života u vlažnom stanju do razdoblja latentnog života u stanju isušenja u potpunoj zavisnosti od postojećih uslova okoline (2). Lišajevi mogu sadržavati 27 raznih rodova algi, tako da i njihova priroda puno varira. Do sada su kao transportne metabolite kod svih modrozelenih algi naučnici identifikovali glukozu, a kod svih zelenih algi šećerne alkohole. Lišaji rastu veoma polako (od nekoliko milimetara do nekoliko santimetara godišnje) i ne mogu da izdrže konkurenciju drugih bilja-

ka koje rastu brže. Zato se povlače u najneplodnija mesta i nalaze se na golim stenama, kori drveća, ogradama i zidovima, na neplodnom zemljištu borove šume, tundri itd. Za čoveka su najvažnije vrste Cladonia koja zauzimaju veća prostranstva u šumama i kojima pripadaju Lichen islandicus, Lichen quercus i Lichen pini. Navedene vrste lišaja su žbunastog tipa, predstavljeni su u vidu granatih, često okruglih stabljika, spojenih sa supstratom samo osnovom, a ostalim delom su slobodni.

Kako lišajevi sadrze šećere koji mogu prevreti u alkohol, severni narodi koriste lišaj za proizvodnju alkoholnih pića. Pored toga, islandski lišaj služi za hranu narodima krajnjeg Severa, Laponcima i Islandjanima, a u medicini od kraja 18. veka kao amarum mucilaginosum (gorko sluzavo sredstvo). Tinktura, zbog svoje gorčine, daje se protiv povraćanja i muke, naročito za vreme trudnoće. Lek koji se dobija iz islandskog lišaja, pošto se odstrani gorka komponenta, daje se za ublažavanje kašlja i promuklosti. U narodu se koristi i protiv hroničnog proliva, a neki lekari ga preporučuju dijabetičarima u obliku dijetalnog hleba (3). Kod nas se proizvodi ekstrakt lišajeva Granobil (Vupik-Vukovar), koji se primenjuje za lečenje disajnih organa, a tablete Granobila se koriste za lečenje paradentopatije.

Uzimajući u obzir široku primenu lišajeva, posebno Lichen islandicus-a, Lichen quercus-a i Lichen pini-a, u ishrani i medicini veoma je važno kontinuirano pratiti nivo aktivnosti radiocezijuma u navedenim biljkama. Izmerene su izrazito visoke vrednosti nivoa aktivnosti radiocezijuma u uzorcima Lichen islandicus-a (4). Kada su već ustanovljene visoke vrednosti nivoa aktivnosti radiocezijuma u ispitivanim uzorcima lišaja, pri čemu su srednje vrednosti znatno iznad onih koje je propisala Evropska zajednica za hranu (600 Bq/kg) i dečju hranu (370 Bq/kg), pokušali smo da izvršimo desorpciju radiocezijuma iz lišaja primenom rastvora CsCl i NaCl.

Desorpcija radiocezijuma iz lišajeva je sasvim opravdan postupak imajući u vidu lišaj kao biljnu vrstu koja i u uslovima kada nema akcidentalne radiokontaminacije prikuplja radionuklide i ostale toksične elemente, zbog svojih morfoloških osobina i načina života.

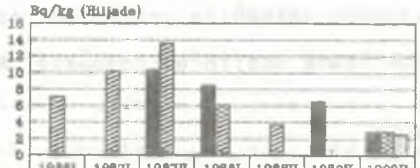
MATERIJAL I METODE

Uzorci, koji su uglavnom namenjeni izvozu, mereni su gamaspektrometrijski na 8192 kanalnom analizatoru CANBERRA-ORTEC. Proces desorpcije izvodjen je potapanjem lišaja u rastvore 1% NaCl i 1% CsCl u toku 6-24 časa, posle čega su uzorci ispirani vodom, sušeni na sobnoj temperaturi i mereni. Vršene su 3 uzastopne desorpcije radiocezijuma, pri čemu je kod lichen islandicus-a 1 primenjen kombinovan postupak desorpcije sa 1% NaCl i 1% CsCl, a kod lichen islandicus-a 2 desorpcija je vršena samo rastvorom 1% CsCl (grafikon 2). Za desorpciju radiocezijuma iz lišaja koristili smo i znatno više koncentracije rastvora NaCl (10%) i pokušali smo da produžimo vreme desorpcije na 7 dana (grafikon 3).

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati o nivou aktivnosti radiocezijuma 134 i 137 u uzorcima islandskog lišaja, hrastovog lišaja i lišaja bora prikazani su na grafikonu 1 i to kao srednje vrednosti 20 izmerenih uzoraka. Očigledne su visoke vrednosti nivoa radiocezijuma, čak i posle 4-5 godina od akcidentalne kontaminacije izazvane havarijom nuklearne elektrane u Černobilju. Rezultati desorpcije radiocezijuma iz lišajeva prikazani su na grafikonima 2 i 3. Najpre je desorpcija vršena rastvorom NaCl (1%), što se pokazalo neefikasnim. Zatim je desorpcija ponovljena sa 1% rastvorom CsCl što je dovelo do smanjenja nivoa aktivnosti radiocezijuma (ekstrakcija 1). Sledeće uzastopne ekstrakcije sa rastvorom CsCl desorbuju radiocezijum, ali u manjoj meri pri čemu se uspostavlja zasićenje, što je karakteristično i kod drugog

NIVO AKTIVNOSTI Cs-134 I Cs-137 U LISAJEVIMA



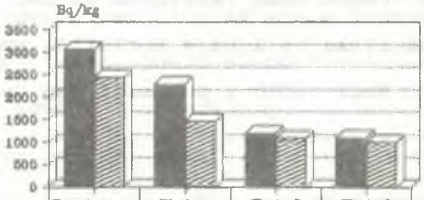
	1986I	1987I	1987II	1988I	1988II	1989II	1990II
LICHEN ISLANDICUS			10.322	8.533		6.589	2.899
LICHEN QUERCUS	7.066	10.161	13.61	6.104	3.67		2.861
LICHEN PINI							2.659

GODINE

LICHEN ISLANDICUS — LICHEN QUERCUS — LICHEN PINI

GRAFIKON 1

DESORPCIJA Cs-134 I Cs-137 IZ LISAJA



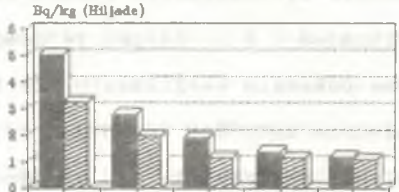
	Pocetna vr.	Ekstr.1	Ekstr.2	Ekstr.3
LICHEN ISLANDICUS 1	3061	2291	1203	1100
LICHEN ISLANDICUS 2	2433	1463	1090	1003

BROJ EKSTRAKCIJA

LICHEN ISLANDICUS 1 — LICHEN ISLANDICUS 2

GRAFIKON 2

DESORPCIJA Cs-134 I Cs-137 IZ LISAJA SA 10% NaCl



	Pocetna vr.	Ekstr.1	Ekstr.2	Ekstr.3	Ekstr.4
LICHEN ISLANDICUS 3	5.041	2.794	1.908	1.394	1.2
LICHEN ISLANDICUS 4	3.26	1.96	1.164	1.169	1.1

BROJ EKSTRAKCIJA

LICHEN ISLANDICUS 3 — LICHEN ISLANDICUS 4

GRAFIKON 3

uzorka islandskog lišaja, gde u početnoj fazi nije bio uključen NaCl. NaCl je uključen zbog toga što je efikasan dekontaminant radiocezijuma (5) i da bi se izbeglo tretiranje biljke rastvorom cezijuma ako je ta biljna vrsta namenjena ishrani ljudi i životinja. Očigledno je da u svim postupcima dekontaminacije postoji izvesno zasićenje ispod kojeg je proces desorpcije navedenim rastvorima bezuspešan, verovatno zbog strukturne kontaminacije lišaja radiocezijumom. Može se zaključiti da je dekontaminacija 10% rastvorom NaCl najefikasnija (efikasnost dekontaminacije je 76,2%- grafikon 3), s obzirom na visoku početnu aktivnost, ali je i evidentan visoki nivo zaostale aktivnosti radiocezijuma.

LITERATURA

1. Alehin V.V., Golekin M.I., Kursanov L.I., Mejer K.I.: Botanika II deo, prevod sa ruskog, Naučna knjiga, Beograd, 1959 pp. 88-90.

2. Ziegler D.: Botanika, morfologija i fiziologija, Školska knjiga, Zagreb, 1982, pp. 105.

3. Tucakov J.: Lečenje biljem, Rad, Beograd, 1973, pp.358.

4. Stanković S., Krainčanić M.: Nivo aktivnosti Cs-134 i Cs-137 u lekovitom bilju, Zbornik radova XV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, Priština, 1989, pp. 15-19.

5. Wahl R., Kallee E., Decontamination puts meat in a pickle, Nature, vol.323, No 6085, 1986.

RADIOACTIVE CAESIUM 134 AND 137 IN LICHEN SAMPLES INSIDE THE PERIOD 1986.-1990.

Stankovic S., Kraincanic M., Stankovic A.

INEP-Institute for the Application of Nuclear Energy, Banatska 31b, Zemun

In the period from 1986 to 1990, gamma spectrometric analysis of radioactivity was carried out in 112 samples of lichens (Icelandic lichen, oakmoss, pine lichen) growing mostly locally (Sinjajevina, Kopaonik, etc.). The level of Cs-134 i Cs-137 activity was found to be much higher than the dose allowed in foods (600 Bq/kg). Owing to a wide spectrum of applications of the lichens in foodstuffs and the pharmaceutical industry, we attempted at the desorption of radioactive caesium using NaCl and CsCl solutions. The maximally attained rate of decontamination was 76.2% .

FISIONI RADIONUKLIDI U TLU SARAJEVSKOG REGIONA

Saračević L., Kljajić R., Samek D., Mihalj A.
Veterinarski fakultet, Zavod za radiologiju, V.Putnika 134, Sarajevo

REZIME

U radu su iznijeti rezultati stepena kontaminacije tla fisionim radionuklidima sarajevske regije nakon akcidenta u Černobilju u periodu 1986-1989. godine.
Gamaspektrometrijskom analizom odredjen je sadržaj Cs-134 i Cs-137, a Sr-90 rediohemijskom separacijom i mjerenjem na antikoincidentnom beta brojaču sa niskim osnovnim brojanjem.
Rezultati ukazuju da je stepen kontaminacije tla sa Cs-134 i Cs-137 značajno veći u odnosu na Sr-90.

UVOD

Sistemska istraživanja stepena radioaktivne kontaminacije životne sredine praktično su počela šezdesetih godina ovog stoljeća i do danas je sakupljen veliki broj podataka o stepenu kontaminacije ekološkog sistema. Većina dosadašnjih ispitivanja radioaktivne kontaminacije odnose se na biološki značajne radionuklide koji imaju metaboličke i strukturne analoge u biološkim sistemima. To su u prvom redu radioaktivni stroncijum i cezijum, jer se uključuju u biološki ciklus i znatno utiču na ekološku ravnotežu.
Istraživanja radioaktivne kontaminacije tla Cs-137 i Sr-90 na području BiH u periodu 1975-1985. godine, pokazala su da se njihovo prisustvo u tlu kreće do 10 Bq/kg za Sr-90 i do 15 Bq/kg tla za Cs-137 (1,2,4).
Uporedjujući nivo radioaktivnosti Cs-137 i Sr-90 u tlu uočen je nesto veći sadržaj Cs-137, što se slaže sa podacima laboratorije HASL-a po globalnom odlaganju Sr-90 na površini zemlje prema kojima je odnos Cs-137 prema Sr-90 u vazduhu i padavinama približno 1.6 (1,2,5). Analaizom sadržaja ispitivanih radionuklida u tlu, utvrdjena je veća pokretljivost Sr-90 po dubini tla u odnosu na Cs-137. Dugo prisustvo oba radionuklida u tlu dovelo je do njihove ravnomjerne distribucije po slojevima tla, a razlike se dovode u vezu sa vrstom tla, odnosno različitom sorpcionom sposobnosću pojedinih vrsta tla. Nivo aktivnosti oba fisiona radionuklida u tlu je u vezi i sa nadmorskom visinom lokaliteta, što se objašnjava većom količinom atmosferskih padavina (4,5).
Zato smo ovim radom željeli da istražimo stepen kontaminacije tla nakon akcidenta u Černobilju.

MATERIJAL I METODE RADA

Za potrebe ovih istraživanja odabrano je 10 lokaliteta koji su obuhvatali sve gradske opštine. Uzorci tla potrebni za istraživanja uzimani su tokom četiri istraživačke godine u

periodu 1986-1989. godine. Uzorci tla su uzeti sa tri dubine: 0-5, 5-10 i 10-15 cm. Ukupno je analizirano 40 uzoraka tla. Gama emiteri Cs-134 i Cs-137 su odredjeni gamaspektrometrijskom metodom. Radiohemijska separacija Sr-90 vršena je ekstrakcijom ukupnog Sr-90 iz tla Brajant metodom. Mjerenje aktivnosti Sr-90 vršeno je na antikoincidentnom brojaču za mjerenje niskih beta aktivnosti (LARA 5).

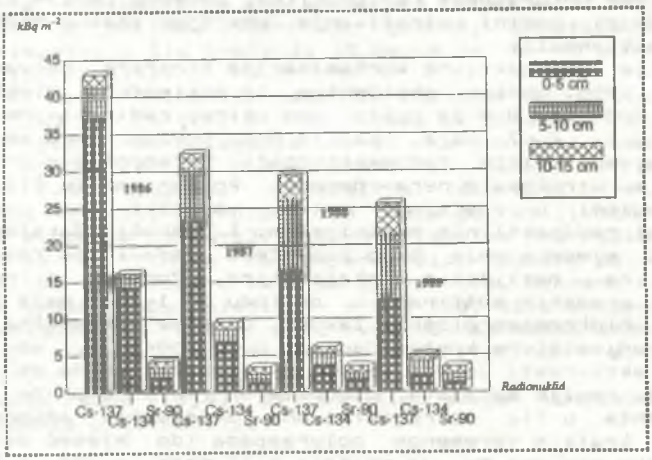
REZULTATI I DISKUSIJA

Specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 i Sr-90 prikazane su u Tabeli 1.
Nivoi aktivnosti Cs-134 i Cs-137 izmjereni 1986. godine pokazuju da je kontaminacija tla bila značajna i različita po istraživanim lokalitetima. Dobiveni rezultati uporedjeni sa literaturnim (3,4,5) ovo područje svrstavaju u znatnije kontaminirano, odnosno u područje koje se po stepenu kontaminacije može porediti sa nekim lokalitetima u Finskoj, Norveškoj, Švedskoj, Njemačkoj i Poljskoj. Najviši nivo konataminacije je u prvom sloju tla (oko 90%) za Cs-137 i Cs-134, dok je aktivnost Sr-90 neznatno veća u prvom u odnosu na druga dva sloja tla.
Istraživanja radiokontaminacije tla istih lokaliteta su nastavljena u jesen 1987,1988 i 1989. godine. Ukupna specifična aktivnost Cs-134 i Cs-137 (po slojevima) na svakom lokalitetu se eksponencijalno smanjuje po godinama istraživanja (Grafikon 1), što potvrdjuje konstataciju da se postojeći aktivitet prerasporedjuje u tlu. Takodjer, ne bi trebalo zanemariti ni fizičko vrijeme poluraspada radionuklida, posebno Cs-134 za kojeg je u posljednjoj godini istraživanja utvrdjen znatno niži nivo specifične aktivnosti.
Novo poglavlje radioaktivne kontaminacije biosfere ostvareno je 26. aprila 1986. godine akcidentom na nuklearnoj elektrani u Cernobilju. Područje BiH je došlo pod uticaj radioaktivne zračne mase izmedju 1. i 7. maja, pa je ovo period kada se mogao očekivati najveći priliv radioaktivnosti. Meteorološke prilike u tom periodu su uzrokovale neravnomjernu kontaminaciju tla, te su pojedini regioni u značajnoj mjeri, a neki samo neznatno kontaminirani radioaktivnim materijalom. I područje Sarajeva je u prvoj dekadi mjeseca maja bilo zahvaćeno padavinama različitog intenziteta na različitim lokalitetima. Podaci o količini padavina po gradskim opštinama u periodu od 1-10. maja 1986.g. (Republički hidrometeorološki Zavod), u kome se smatra da je uslijedila radioaktivna kontaminacija ovog područja, uporedjeni sa nivoima aktivnosti Cs-137, upućuju na zaključak da se najveća kontaminacija regije Sarajeva dogodila 3. maja. U prvom danima nakon akcidenta u tlu je registrovano dvadesetak radionuklida, uglavnom sa kratkim veremenom poluraspada (do mjesec dana), a nakon nekoliko mjeseci su od značaja bili samo Cs-134 i Cs-137. Iz tog razloga smo prve uzorke tla uzeli u oktobru 1986. godine.

Tabela 1. Distribucija vjestackih radionuklida po slojevima tla u funkciji vremena (kBq m^{-2})

Vrijeme uzorkovanja	Dubina tla	Broj uzoraka	Cs-137			Cs-134			Sr-90		
			minimum	maximum	$\bar{x}$	minimum	maximum	$\bar{x}$	minimum	maximum	$\bar{x}$
Jesen 1986	0 - 5	10	22.84	82.13	37.24	5.38	22.64	14.37	0.52	4.52	2.12
	5 - 10		2.01	7.36	4.01	0.39	2.27	1.26	0.71	1.68	1.18
	10 - 15		0.60	3.51	1.72	0.23	1.12	0.57	0.54	1.69	0.96
Jesen 1987	0 - 5	10	16.40	36.96	23.54	2.43	11.13	6.92	0.76	2.49	1.46
	5 - 10		2.04	13.68	5.89	0.20	3.24	1.62	0.36	1.50	0.95
	10 - 15		0.85	8.30	2.96	0.08	2.42	0.99	0.48	1.83	0.99
Jesen 1988	0 - 5	10	11.68	25.67	16.52	2.04	6.05	3.72	0.53	5.03	1.70
	5 - 10		4.34	20.98	9.40	0.49	5.00	1.54	0.34	1.51	0.89
	10 - 15		0.55	10.60	3.55	0.12	1.61	0.85	0.35	2.41	0.95
Jesen 1989	0 - 5	10	5.78	19.20	12.60	1.39	5.07	2.36	0.42	3.52	1.38
	5 - 10		4.25	14.42	8.58	0.29	6.00	1.83	0.46	1.98	1.03
	10 - 15		1.20	7.19	4.42	0.17	1.32	0.86	0.21	2.54	1.01

Grafikon 1. Srednje vrijednosti nivoa aktivnosti vjestackih radionuklida u tlu regije Sarajeva u periodu 1986-1989. godine



ZAKLJUCCI

- Distribucija fisionih radionuklida u tlu Sarajevskog regiona nije ravnomjerna

- Nivo aktivnosti Cs-134 i Cs-137 je najveći u prvom sloju tla tokom cijelog perioda istraživanja

- Nivo aktivnosti Sr-90 je skoro ravnomjerno rasporedjen po slojevima tla

- Nivoi i migracija radionuklida po pojedinim lokalitetima istraživanog regiona su različiti

LITERATURA

1. Bauman A.: Raspodjela radionuklida u tlu, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, Vol 31,3, 1980
2. Horsić E., Saračević L., Kljajić R., Mihalj A., Hasanbašić D., Milošević Z.: Dosadašnja iskustva radiološkog monitoringa u BiH, Zbornik radova 1 Savjetovanja "Zaštita od zračenja i sigurnost u nuklearnoj energetici", 135, DZZ Srbije, Beograd, 1984
3. Mirković G., Kljajić R., Horšić E.: Meteorological aspects of radiocontamination of soil in BiH after the Chernobil accident, II Yugoslav-Italian Symp. "Radiation protection" Udine, Italy, 1988
4. Saračević L., Mihalj A., Kljajić R., Hasanbašić D., Horšić E., Milošević Z.: Migracija Sr-90 i Cs-137 u tlu u zavisnosti od vrste tla i nadmorske visine, Zbornik radova, XII Simp. JDZZ, 124, Ohrid 1983.
5. Saračević Lejla: Istraživanje uticaja akutne radioaktivne kontaminacije tla na efektivnu ekvivalentnu dozu i radijacioni rizik stanovništva regije Sarajeva, Doktorska Disertacija, Sarajevo, 1990

ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN SOIL OF THE SARAJEVO REGION

RESUME

The results of the level of soil contamination by fission radionuclides of Sarajevo area after the Chernobil accident are disscused.
The contains of Cs-134 and Cs-137 are determined by gamaspectroscopic analysis, and contain of Sr-90 is determined by radiochemical separation and by measurement on anticoincidence cuounter with low bckground counting.
The results indicate that the level of soil contamination with Cs-134 and Cs-137 is significantly higher compared with the level of soil contamination by Sr-90.

PRAĆENJE PADA AKTIVNOSTI AEROSOLA I PADAVINA PORIJEKLOM OD NUKLEARNOG AKSIDENTA U ĆERNOBILU-KIEV

Šućri Dumani
SOUR Elektroprivreda Kosova
RO. Dispanzer za medicinu rada

UVOD

Posle havarije četvrtog reakktora u NE "Lenin" u Ćernobilu (SSSR) dana 26.04.1986 god. , došlo je do otpuštanja velike količine radionuklida (prema Sovjetskim podacima oko $1,85 \times 10^{18}$ Bq bez plemenitih gasova preračunato 6.05.1986) koji su atmosferskim strujanjima raspršeni nad većim dijelom sjeverne hemisfere. "Ispiranjem" atmosfere padavinama (wet deposition) i procesom suhog taloženja (dry deposition) glavnina oslobodjenih radionuklida je dospjela na površini zemlje (vodene površine, tlo, vegetaciju, gradjevine i dr.)

U ovom radu je praćeno pad totalne aktivnosti uzoraka aerosola i dnevnih padavina, sakupljenih prilikom aksidenta u Ćernobilu, u periodu od 1986-1990 godine.

METODOLOGIJA RADA

Za odredjivanje totalne beta aktivnosti aerosola ,pumpom je usisano, preko filter papira "Bleu" firme "Schneider Poelman" efikasnošću 65%, oko 25 m^3/12 h. Filter papir je fiksiran i mjeren je odmah i posle 120 h na GM. brojaču "Lara-5" sa efikasnošću od 13% i fonom 3 imp/min.

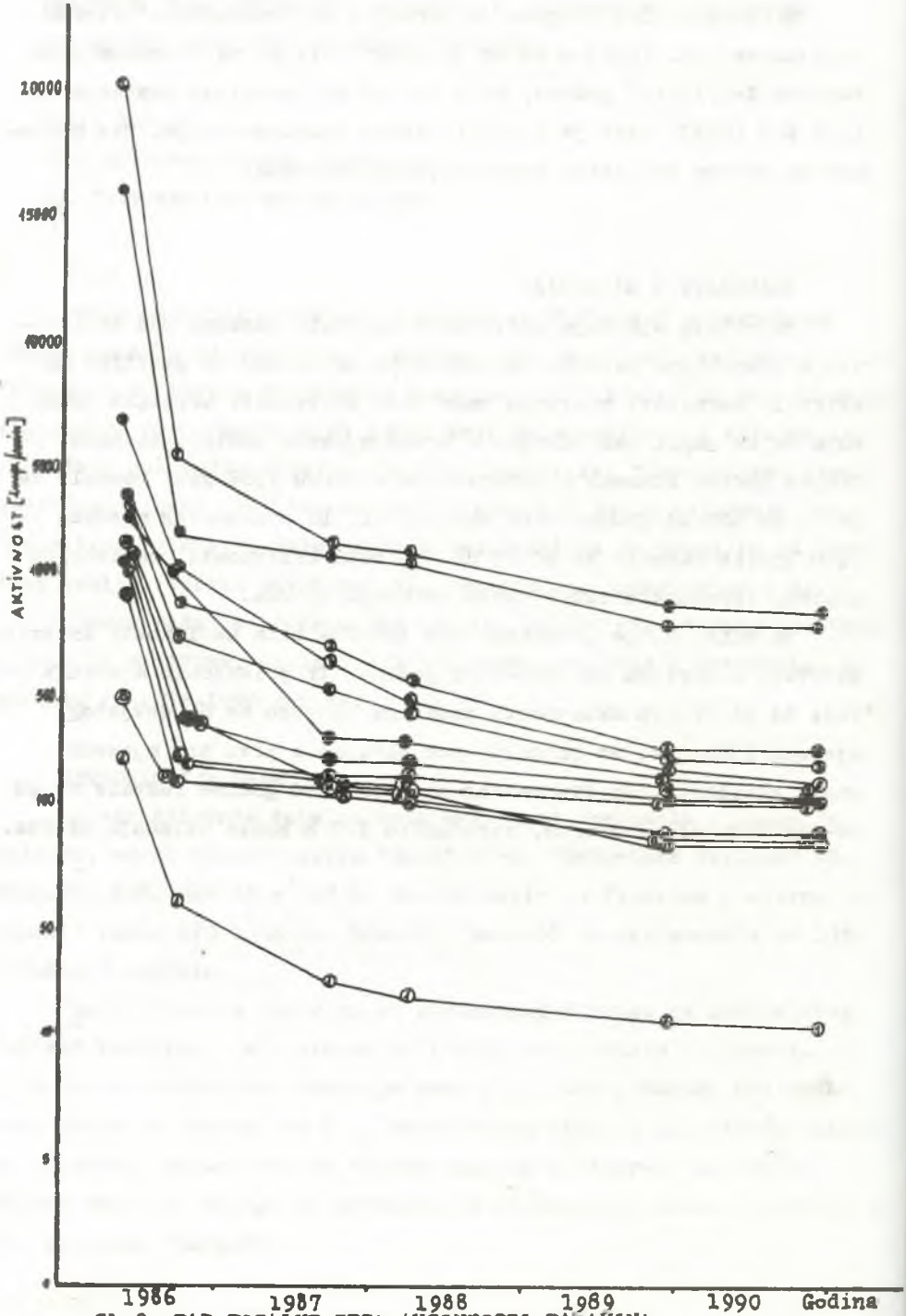
Uzorci dnevnih padavina su sakupljeni u levku od nerdjajućeg čelika, površine 1 m^2, visine od 1 m od tla, svakih 12 časova. U danima sa padavinama uzeto je samo 1 l., dok u danima bez padavina levak je ispiran sa 1 l. destilovane vode. U oba slučaja uzorci su ispareni, sakupljeni sa filter papirom i izgoreni na 700°C. Cijela količina taloga je prebačena u aluminijske tacne i mjereno je GM. brojačem "Lara-5".

Efikasnost GM. brojača je odredjen sa standardnim izvorom kalijumove soli (KCl) u kojem je K-40 0,0119%, sa vremenom poluraspada $T=1,31x10^9$ godina, beta emiter sa energijom zračenja od 1,33 MeV (88%). Uzet je u obzir faktor samoapsorpcije. Sva mjerenja su vršena pod istim geometrijskim uslovima.

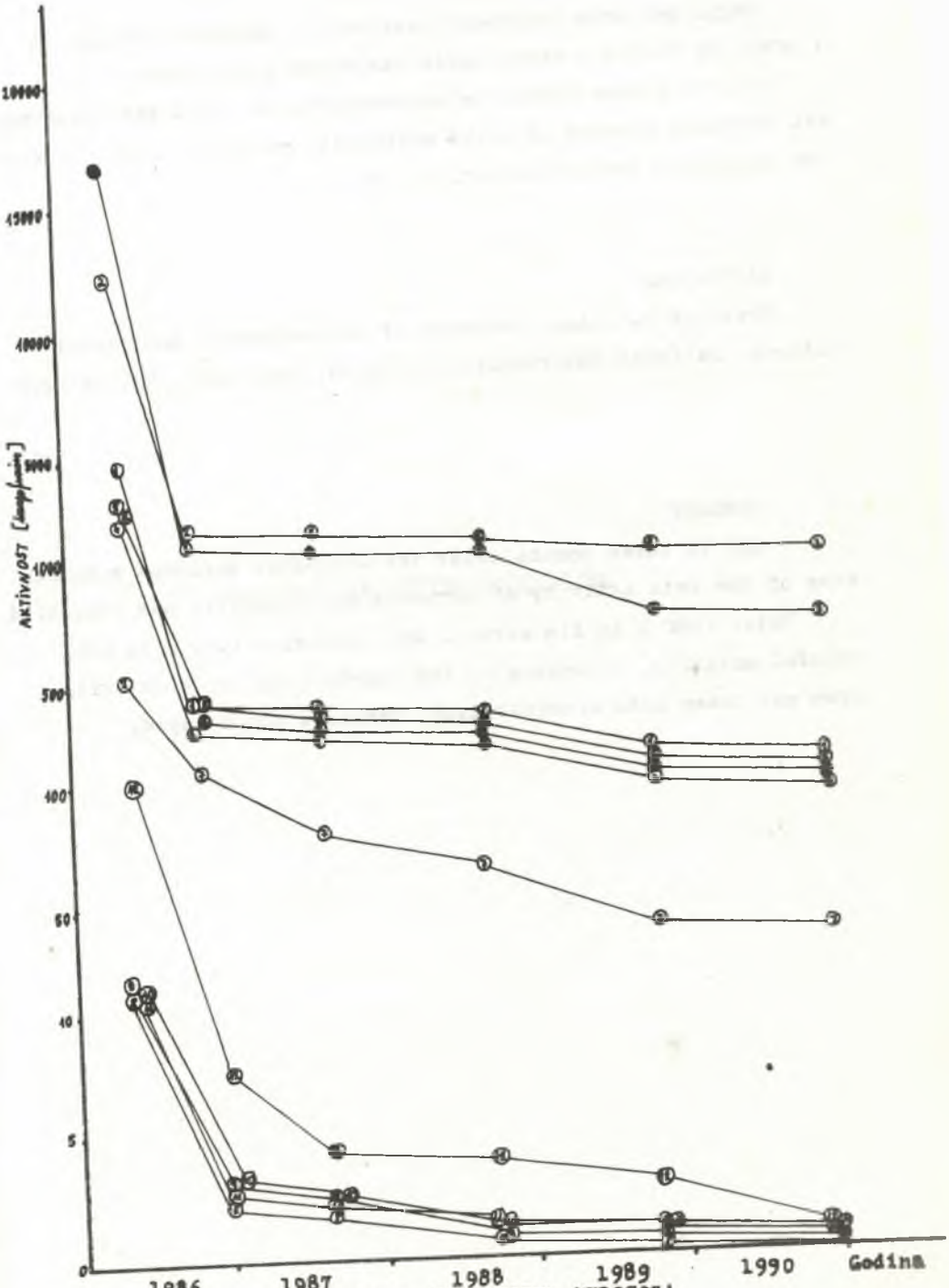
REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati mjerenja aktivnosti aerosola odnosno pad aktivnosti u vremenskom periodu od 1986-1990 prikazano je grafički na slici 1. Rezultati mjerenja pada beta aktivnosti aerosola pokazuju da se nagli pad odvijao u prvom mjesecu posle aksidenta. Krajem godine odnosno u jedanaestom mjesecu 1986 god. raspalo se od 81 do 92% od ukupne beta aktivnosti. Do dvanaestog mjeseca 1990 godine raspalo se od 89 do 99% beta aktivnosti, zavisno od uzorka, izračunato 120 h posle uzimanja uzorka.

Na slici 2. je prikazano pad totalne beta aktivnosti dnevnih padavina u periodu od 1986-1990 godine. Iz prikazanih mjerenja se vidi da od 72-87% aktivnosti padavina raspalo se do devjetog mjeseca 1986, tz. da se nagli pad odvijao u prva tri mjeseca posle aksidenta. Do dvanaestog mjeseca 1990 godine raspalo se od 84-97% zavisno od uzorka, izračunato 120 h posle uzimanja uzorka.



Sl.2. PAD TOTALNE BETA AKTIVNOSTI PADAVINA



S1.1. PAD TOTALNE BETA AKTIVNOSTI AEROSOLA

ZAKLJUČAK

Nagli pad beta aktivnosti aerosola i padavina odvijao se u prvom do trečem mjesecu posle aksidenta 1986 godine.

Do 1990 godine ostalo je neraspadnuto od 1-11% beta aktivnosti aerosola odnosno od 3-16% aktivnosti padavina, ovisno o uzorku, ne računajući pad aktivnosti do 120 h.

LITERATURA

Frederic B. Johns: Handbook of Radiochemical Analytical Methods. National Enviromental Research, Las Vegas, Nevada 1975

SUMMARY

One to three months after the Chernobyl accident a sudden drop of the beta activity of aerosols and rainfalls was registred.

Until 1990 1 to 11% aerosol beta activity i.e. 3 to 16% rainfal activity, depending on the sample (the 120 h activity drop not taken into consideration) remained non decayed.

Sekcija 2. RADIOTOKSIKOLOGIJA

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

NEKI DIREKTNI KARDIOVASKULARNI EFEKTI RADIOPROTEKTORA WR-2721 I WR-2823 U PACOVA

Mirjana Cvetković, Silva Dobrić, A. Milovanović

Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Katanićeva 15, 11000 Beograd

REZIME

Ispitani su kardiovaskularni efekti radioprotektora WR-2721 i WR-2823 u pacova. Ustanovljeno je da WR-2721 u svim ispitivanim dozama, i pri intraperitonealnoj i pri intravenskoj aplikaciji prouzrokuje hipotenziju. U slučaju WR-2823, efekti su nešto drugačiji, uz niže doze ovaj radioprotektor dovodi do hipertenzije, i to samo pri i.p. primeni, dok u većim dozama, koje su toksične, prouzrokuje hipotenziju. Hipertenzivni odgovor WR-2823 verovatno je posledica stimulacije beta$_1$ adrenoreceptora u miokardu, jer izostaje u prisustvu propranolola, dok bi hipotenzija bila posledica blokade alfa receptora. Za razliku WR-2823, hipotenzivni efekt WR-2721 prvenstveno je posledica direktnog vazodilatatornog dejstva, jer ovaj radioprotektor ne poseduje alfa blokatorsko dejstvo.

UVOD

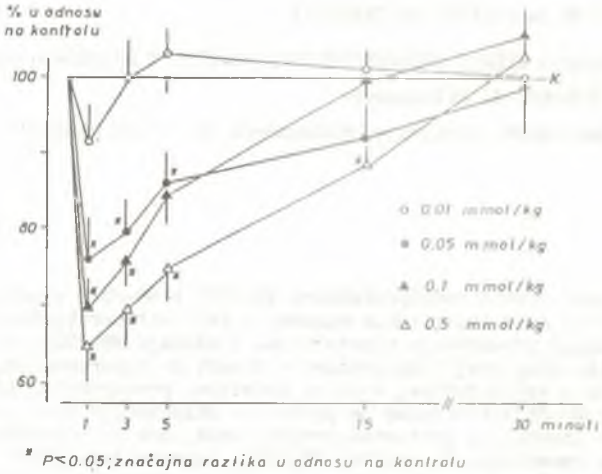
Radioprotektori iz grupe aminotiofosfata, iako strukturno veoma slični, ispoljavaju značajne razlike u farmakološkom dejstvu, radioprotektivnoj efikasnosti i toksičnosti. Yuhas i sar. (1) su ustanovili da farmakološki aktivna jedinjenja kao što su WR-2721, WR-2822 i WR-2823 prouzrokuju inicijalno brži i jači protektivni efekt u odnosu na strukturne srodnike (WR-638 i WR-2578) koji su farmakološki neaktivni. Iz tog razloga, izučavanje direktnih farmakoloških efekata ovih jedinjenja značajno je s dva aspekta: 1) u cilju sagledavanja njihovih neželjenih toksičnih dejstava i 2) u cilju utvrdjivanja stepena korelacije izmedju direktnih farmakoloških efekata i radioprotektivne efikasnosti. U ovom radu komparativno su ispitani kardiovaskularni efekti radioprotektora WR-2721 i WR-2823.

MATERIJAL I METODE

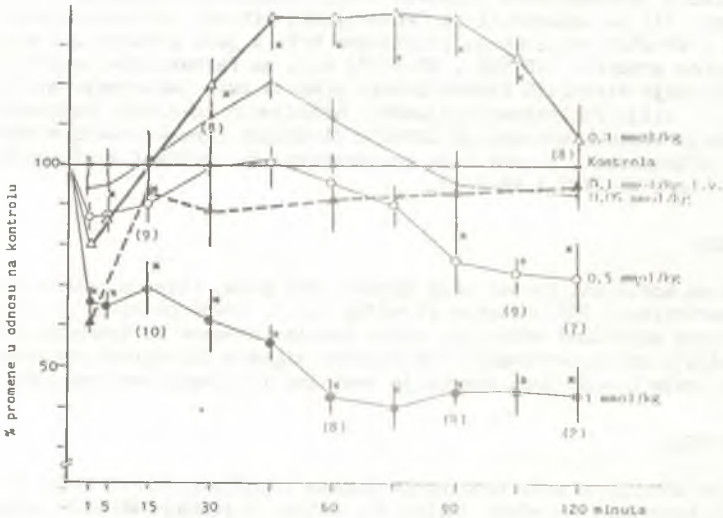
U eksperimentima su korišćeni pacovi soja Wistar, oba pola, telesne težine od 230 do 280 grama, anestetisani 25% uretanom (7 ml/kg s.c.). Krvni pritisak je registrovan direktno iz leve karotidne arterije, preko kanile povezane sa transdjuserom za pritisak, na uredjaju za registrovanje fizioloških signala (Dinograph-recorder, tip RM). Istovremeno, ovim životinjama merena je rektalno i telesna temperatura.

REZULTATI I DISKUSIJA

Dok radioprotektor WR-2721 u svim testiranim dozama ispoljava dozno, mada ne i vremenski zavisan hipotenzivan efekt (Slika 1), dotle, u slučaju WR-2823 imamo dvofazni odgovor. U nižim dozama (0.05 i 0.1 mmol/kg) ovaj radioprotektor nakon umerene i kratkotrajne hipotenzije prouzrokuje hipertenziju i tahikardiju, dok više, već i toksične doze, deluju hipotenzivno (Slika 2). Hipertenzivni odgovor na niže doze WR-2823 najverovatnije je posledica stimulacije beta$_1$ adrenergičkih receptora u miokardu, budući da ga propranolol, u dozi koja per se ne utiče na kardiovaskularne funkcije pacova, gotovo u potpunosti svodi na kontrolni nivo.

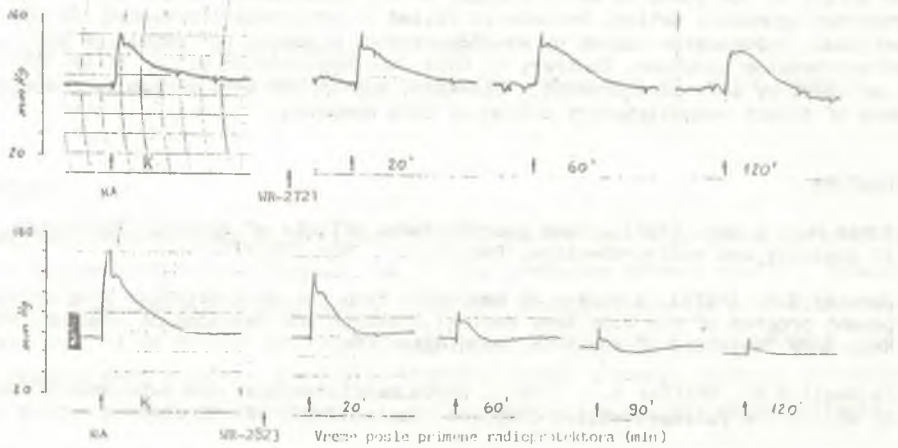


Slika 1. Uticaj WR-2721 (i.v.) na arterijski krvni pritisak u pacova



Slika 2. Uticaj WR-2823 na krvni pritisak pacova
(broj u zagradi predstavlja broj životinja u eksperimentu)
P < 0.05; značajna razlika u odnosu na kontrolu

Studiranjem hipotenzivnog dejstva WR-2823 i WR-2721 ustanovljeno je, da je u slučaju WR-2823 isti posledica blokade alfa-adrenergičkih receptora, što je u skladu sa literaturnim podacima (2, 3). Naime, u prisustvu ovog radioprotektora dolazi do antagonizovanja hipertenzivnog odgovora na noradrenalin (Slika 3).



Slika 3. Uticaj WR-2721 (1 mmol/kg i.p.) i WR-2823 (0.5 mmol/kg i.p.) na hipertenzivni efekt noradrenalina (NA; 1 μg/kg i.v.)

Pomenuti alfa blokirajući efekt razvija se postepeno (značajna blokada nastaje tek 60 minuta posle i.p. aplikacije radioprotektora, a potpuna 120 minuta posle), sugerišući da je za njegov nastanak odgovoran metabolit a ne polazno jedinjenje. Iznenadjujuće je što WR-2721, iako strukturno veoma sličan WR-2823, ne uspeva antagonizovati hipertenzivno dejstvo noradrenalina (Slika 3). Naša prethodna ispitivanja su pokazala da WR-2721 potencira trajanje hipertenzivnog dejstva adrenalina, što se može objasniti njegovom sposobnošću da indukuje oslobadjanje ovog kateholamina iz nadbubrega (4). Iz tog razloga se može pretpostaviti, da je hipotenzija prouzrokovana WR-2721, najverovatnije posledica njegovog direktnog vazodilatatornog dejstva, na šta navodi i zaključak Yuhas-a i sar. (1), iako ista, može biti bar delimično posledica i ganglioblokatorskog dejstva ovog jedinjenja (3). Odsustvo alfa-blokatorskog efekta WR-2721 i njegova sposobnost indukcije oslobadjanja adrenalina iz nadbubrežnih žlezda može biti jedan od razloga zbog čega ovaj radioprotektor osigurava bolju zaštitu od jonizujućeg zračenja u odnosu na WR-2823. Naime, poznato je da stimulacija alfa-adrenergičkih receptora kateholaminima dovodi do radioprotekcije (5), te bi WR-2721 indukovano oslobadjanje adrenalina u cirkulaciju moglo na ovaj način da doprinese njegovoj radioprotektivnoj efikasnosti.

Očigledno je dakle, da ova dva strukturno veoma slična jedinjenja ispoljavaju niz razlika u farmakološkim dejstvima. Iz tog razloga ne iznenadjuju ni uočene razlike u toksičnosti i radioprotektivnoj efikasnosti (WR-2823 je znatno toksičniji a istovremeno i slabiji radioprotektor od WR-2721) (1).

SUMMARY

The cardiovascular effects of radioprotectors WR-2721 and WR-2823 were studied in rats. It was found that WR-2721 regardless the tested doses, always produced the hypotensive effect. WR-2823 in low doses produced the hipertensive response, but higher, already toxic doses gave hypotension. It is supposed that hypertensive effect of low doses of WR-2823 might be the consequence of its beta - adrenoreceptor agonistic action, becouse it failed in propranolol presence. On the other hand, hypotension caused by WR-2823 is more probably rhe result of alfa - adrenoreceptor blockade. Contrary to this, the hypotensive action of WR-2721 is not mediated by alfa-adrenoreceptor blockade, but is the most probably, the consequence of direct vasodilatatory action of this compound.

LITERATURA

1. Yuhas M.J. i sar. (1973). Some pharmacologic effects of WR-2721: Their role in toxicity and radioprotection. Radiat.Res., 54: 222-223

2. Sweeney T.R. (1979). A survey of compounds from the antiradiation drug developement program of the U.S. Army Medical Research and Development Command, Walter Reed Army Institute of Research, Washington, 5.

3. Caldwell R.W., Heiffer M.H. (1975). Acute cardiovascular and autonomic effect of WR-2721: a radioprotective compound. Radiat.Res., 62: 62-69.

4. Vujnov S. i sar. (1990). Effect of gammaphos and labetalol on adrenaline level in the adrenals, plasma and urine of rats subjected to irradiation injury. Yugoslav.Physiol.Pharmacol.Acta. 26: 411-418.

5. Kulinskij V.I. i sar. (1986). Issledovanie mehanizmov radiozaštitnogo efekta agonistov kateholaminovih receptorov. Uključenie v radiozašćitnij efekt oboih podtipov alfa-adrenoreceptorov. Radiobiologia, 26: 11-16.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

UTICAJ RADIOPROTEKTORA WR-2721 NA ANESTETSKO DEJSTVO TIOPENTONA (NEZDONAL[R]) U LATENTNOM PERIODU AKUTNE RADIJACIONE BOLESTI PACOVA

Mirajna Cvetković, A. Milovanović, S. Dobrić
Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Katanićeva 15, 11000 Beograd

REZIME

Ispitano je anestetsko dejstvo Nezdonala[R] u pacova ozračenih subletalnom (3 Gy) i letalnom (9 Gy) dozom X-zraka, uz ili bez prethodne primene WR-2721. Ustanovljeno je da zračenje u latentnom periodu ARB značajno skraćuje hipnotičko dejstvo Nezdonala[R] a da WR-2721 ne antagonizuje ove zračenjem indukovane promene, već ih u znatnoj meri pojačava ($p < 0.01$). Produženo vreme spavanja značajno je redukovano primenom metizergida (Deseril[R]), dok je aminofilin bio bez ikakvog efekta.

UVOD

Poznato je da zračenje može uzrokovati promene dejstva nekih lekova kao što su barbiturati, opioidni analgetici i analeptici (1, 2, 3). Naša dosadašnja istraživanja su takodje pokazala da jonizujuće zračenje menja efekte tiopentona i fenobarbitona, i da su promene zavisile kako od doze zračenja, tako i od vremena posle ozračenja. U manifestnom periodu ARB, dejstvo barbiturata uglavnom je pojačano (4). Medjutim, postoje indikacije da je u periodu neposredno posle ozračenja, dejstvo nekih lekova koji deluju na CNS, znatno oslabljeno (5). Iz tog razloga cilj naših istraživanja je bio da se ispita dejstvo tiopentona, kratkodejstvujućeg intravenskog anestetika, u latentnom periodu ARB uz i bez prethodne primene radioprotektora. WR-2721 predstavlja do sada najefikasnije sredstvo za zaštitu od jonizujućeg zračenja. S obzirom na mogućnost njegove masovne primene, bilo je interesantno ispitati, da li će ovaj radioprotektor uticati na dejstvo anestetika u ozračenom organizmu, tim pre,što WR-2721 pored veoma dobrih radioprotektivnih osobina poseduje i znatna direktna farmakološka dejstva (6, 7).

MATERIJAL I METODE

Eksperimenti su radjeni na pacovima muškog pola, telesne mase od 200-280 grama ozračenih X-zracima od 3 do 9 Gy. Procena hipnotičkog delovanja Nezdonala[R] izvedena

je merenjem dužine vremena spavanja (min ± S.E.) kako je to opisano kod Lim-a i sar., 1964. Prema ovoj metodi smatra se da je životinja budna kada se uspravi i počne da napušta položaj u kome je bila za vreme spavanja, odnosno počinje da se kreće.

REZULTATI I DISKUSIJA

Na Tabeli 1 prikazan je efekt letalne i subletalne doze zračenja na dužinu vremena spavanja prouzrokovanu Nezdonalom^{R}. Kod obe doze 2 i 6 sati posle zračenja, ustanovljeno je oslabljeno dejstvo anestetika. Vreme spavanja je skraćeno za oko 30% ($p < 0.01$). Posle 24 sata, kod subletalne doze, vreme spavanja je i dalje skraćeno, dok kod letalne doze postoji tendencija produženja vremena spavanja za 8,6%.

TABELA 1.

UTICAJ SUBLETALNE (3 Gy) I LETALNE (9 Gy) DOZE X-ZRAČENJA NA HIPNOTIČKI EFEKT NEZDONALA$^{(R)}$

Vreme posle zračenja (sati)	Kontrola	3 Gy	9 Gy	P vrednosti
2	14.9±1.2	9.2±0.6 (38.3*)	10.9±0.7 (26.8)	1:2 0.005 1:3 0.002 2:3 N.S.
6	14.9±1.2	10.1±0.9 (31.8)	10.6±1.0 (28.9)	1:2 0.01 1:3 0.025 2:3 N.S.
24	12.8±1.2	9.5±0.7 (25.8)	13.9±0.8 (8.6)	1:2 0.005 1:3 N.S. 2:3 N.S.

Nezdonal je dat i.v. u dozi od 20 mg/kg (vreme spavanja, minuti).

*brojevi u zagradi predstavljaju procenat promene u odnosu na kontrolu.

WR-2721 (0.5 mmol/kg i.p.), iako dat u dvostruko nižoj dozi od one koja se uobičajeno koristi u zaštiti, i u kontrolnih i u ozračenih životinja značajno je produžavao vreme spavanja ($p < 0.01$), s tom razlikom što je efekt bio više izražen u ozračenih životinja. Dva sata posle njegove primene ozračene životinje su trostruko duže spavale u odnosu na kontrolne, gde je vreme spavanja produženo za svega 40% (Tabela 2).

Mehanizam nastalih promena još uvek nije dovoljno jasan. Rezultat, da metisergid, specifični antagonist serotonina antagonizuje produženo vreme spavanja potencirano WR-2721, ide u prilog činjenici da je produženo hipnotičko dejstvo posledica povećane količine serotonina. Taj efekt je bio izraženiji u kombinaciji radioprotektora i anestetika u odnosu na sam Nezdonal^{R} (Tabela 3).

T A B E L A 2.

UTICAJ WR-2721 NA HIPNOTIČKI EFEKT NEZDONALA(R) U OZRAČENIH PACOVA

Vreme posle zračenja (sati)	Kontrolne životinje		Ozračene životinje			
			3 Gy		9 Gy	
	Nezdonal	WR-2721 + Nezdonal	Nezdonal	WR-2721 + Nezdonal	Nezdonal	WR-2721 + Nezdonal
2	11.8±1.2	16.5±0.9* (40%)	7.1±0.7	20.7±1.4* (191.3%)	8.2±0.9	23.1±1.6* (182%)
6	10.6±0.9	13.7±0.8* (28.7%)	6.9±0.6	16.1±1.3* (133.3%)	8.9±1.2	15.9±1.1* (79.1%)
24	12.2±1.0	14.3±1.2* (17.2%)	7.5±0.4	11.8±0.8* (57.3%)	13.1±0.8 (7.3%)	13.2±0.9 (0%)

Nezdonal je dat i.v. u dozi od 20 mg/kg, a WR-2721 i.p. 30 minuta pre zračenja i dozi od 0.5 mmol/kg.

Vrednosti u zagradama predstavljaju procenat promene u odnosu na Nezdonal(R) (vreme spavanja izraženo u minutima).

*p < 0.05 statistički značajna razlika u odnosu na pacove tretirane Nezdonalom.

Tabela 3. Uticaj Deseril(R) na hipnotički efekt Nezdonala(R) potenciran prethodnom primenom WR-2721

WR-2721 mmol/kg i.p.	Nezdonal	Nezdonal + Deseril	Nezdonal + WR-2721	Nezdonal + WR-2721 + Deseril
1.0	14.1±1.2 (8)	11.2±0.9 (8)	63.3±1.8* (10)	38.1±2.4** (8)
0.5	14.1±1.2 (8)		25.5±1.0 (9)	19.9±0.8 (7)
0.1	12.0±1.3 (7)		15.2±1.2 (8)	

*p < 0.05; u odnosu na kontrolu (Nezdonal)

** p < 0.05; u odnosu na životinje tretirane RP-om

Deseril (1 mg/kg i.m.) i WR-2721 davani su 30 min pre Nezdonala (20 mg/kg i.v.)

Potencirano vreme spavanja pod uticajem WR-2721 verovatno nije posledica njegovog dejstva na respiratorni centar, s obzirom da je aminofilin bio bez ikakvog efekta i kod veće i kod manje doze radioprotektora (Tabela 4).

Oslabljeno dejstvo Nezdonala(R) u našim eksperimentima (Tabela 1 i 2) kao i nekih drugih anestetika (1, 2, 5), verovatno nije posledica oštećenja detoksikacionih procesa u jetri, zbog kratkoće vremena posle zračenja (2 i 6 sati). Te promene

najverovatnije nastaju usled izmenjene reaktivnosti CNS-a i nivoa biogenih amina koji mogu biti promenjeni zračenjem, a preko kojih se odvija dejstvo mnogih lekova (5, 9). U ranijim istraživanjima je pokazano da WR-2721, značajno antagonizuje izmenjene efekte Nezdonala[R] u manifestnom periodu ARB (4). Medjutim ovaj efekt izostaje u periodu neposredno posle ozračenja. Jedan od osnovnih uzroka potenciranja

Tabela 4. Uticaj aminofilina na anestetičko dejstvo Nezdonala[(R)] potencirano prethodnom primenom WR-2721

Nezdonal	Nezdonal + Aminofilin	WR-2721 (mmol/kg) i.p.	Nezdonal + WR-2721	Nezdonal + WR-2721 + Aminofilin
8.1±1.0 (10)	6.4±0.9 (8)	1.0	67.5±5.7 (9)	61.2±6.7 (8)
8.1±1.0 (10)	6.4±0.9 (8)	0.5	16.8±1.4 (8)	16.4±2.3 (8)

WR-2721 je dat 30 minuta pre anestetika, a aminofilin (25 mg/kg i.m.) istovremeno sa Nezdonalom (20 mg/kg i.v.)

anestetskog efekta Nezdonala[R] mogao bi biti posledica izmenjene farmakokinetike ovog leka uzrokovane primenom WR-2721, zbog njegovih veoma izraženih farmakoloških dejstava (4, 6, 7). Ne treba zanemariti ni moguće dejstvo WR-2721 preko povišenog nivoa serotonina, s obzirom da je metizergid značajno uticao na produženo vreme spavanja prouzrokovano WR-2721 (Tabela 4).

REZIME

THE EFFECT OF X-IRRADIATION AND RADIOPROTECTOR WR-2721 ON THE BARBITURATE SLEEPING TIME IN RATS

The anaesthetic effect of thiopental-sodium (Nesdonal[R]) was studied in rats which were exposed to sublethal (3 Gy) and lethal (9 Gy) doses of X-irradiation. In comparison the control, the experiments were carried out in untreated and animals pretreated with radioprotector WR-2721. Sleeping time in latent phase of irradiation desease was shortend in irradiated animals. WR-2721 did not antagonize this effect but potentiated it. The effect of potention of WR-2721 was significantly reduced by Methysergide (Deseril) an antagonist of 5-HT, while similar effort with aminophiline were without any success.

1. Winne D. (1962) Arch.Pharm.Exp.Path. 243: 212-230
2. Nair V. (1967) Radiat.Res. 30: 359-362
3. Varagić i sar.(1962) Bull.Inst.Nc.Sc."Boris Kidrič" Belgrade 2: 113-120
4. Cvetković M. i sar. (1989) XV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, Priština 06.-09.VI, 481-484.
5. Miletich D. i sar. (1977) Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 134: 403-405.
6. Yuhas i sar. (1973) Radiat.Res. 54: 222-233.
7. Pittock i sar. (1982) Radiat.Res. 91: 394-396.
8. Lim R. (1964) Year Book Medical Publischers.Inc.Chicago 291-298.
9. Pausescu E. i sar. (1973) Strahlentherapie, 145: 76-82.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

UTICAJ ACETILHOLINA NA KRVNI PRITISAK OZRAČENIH I CISTAFOSOM (WR-638) ŠTIĆENIH PACOVA

Silva Dobrić, Mirjana Cvetković i A. Milovanović

Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Katanićeva 15, 11000 Beograd

REZIME

U radu je pokazano da jonizujuće zračenje menja efekte acetilholina (Ach) na krvni pritisak pacova 1, 3 i 7 dana posle zračenja. Promene su naročito izražene trećeg dana posle zračenja u odnosu na nikotinske efekte Ach , kad je dobijeno statistički značajno smanjenje hipertenzivnog odgovora. Radioprotektor WR-638 uspešno antagonizuje ove zračenjem indukovane promene u kardiovaskularnom efektu Ach.

UVOD

Dosadašnja ispitivanja uticaja Ach na arterijski krvni pritisak ozračenih životinja pokazala su da subletalne doze jonizujućeg zračenja ne menjaju značajnije holinergičku vazomotornu funkciju (1, 2). Medjutim, jonizujuće zračenje u letalnim, a naročito u supraletalnim dozama dovodi do niza poremećaja u organizmu, pa je za očekivati da u tim uslovima može doći i do promena u farmakološkim efektima Ach, tim pre što je pokazano da u ovim dozama jonizujuće zračenje značajno smanjuje aktivnost holinesteraze u mnogim tkivima (3).

U ovom radu ispitan je uticaj Ach na krvni pritisak pacova ozračenih letalnom dozom gama zraka, uz ili bez prethodne primene radioprotektora cistafosa (WR-638).

MATERIJAL I METODE

Eksperimenti su izvedeni na Wistar pacovima muškog pola, telesne težine od 220 do 250 grama. Ozračenje celog tela životinja vršeno je na izvoru gama zraka (^{60}Co) dozom od 9 Gy, koja u toku 30 dana posle ozračenja dovodi do 95-100%-nog uginjavanja. Jednoj grupi životinja je 20 minuta pre ozračenja injiciran radioprotektor WR-638 u dozi od 358 mg/kg i.p.

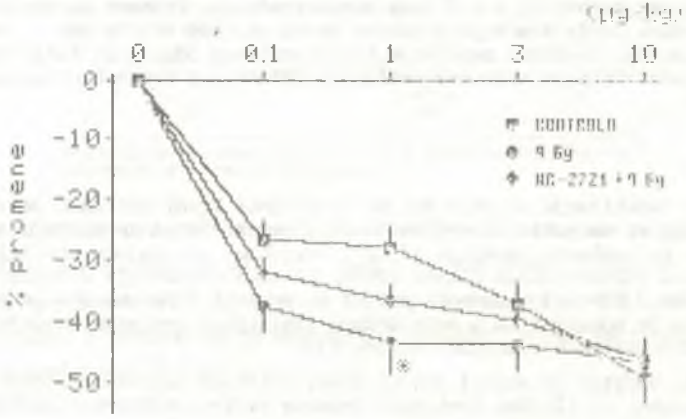
Uticaj acetilholina na krvni pritisak pacova ispitan je zatim 1-og, 3-eg i 7-og dana posle zračenja. U tu svrhu životinje su bile anestetisane 25%-nim uretanom (7 ml/kg s.c.). Krvni pritisak je registrovan direktno iz leve karotidne arterije, preko kanile povezane s transdjuserom za krvni pritisak, na uredjaju za registrovanje fizioloških signala (Dinograph-recorder, tip RM). Ach je aplikovan preko kanile uvedene u venu jugularis u zapremini od 0.5 ml/kg, a posle svake aplikacije kanila je ispirana istom zapreminom fiziološkog rastvora. Za atropinizaciju životinja korišćen je atropin sulfat u dozi od 20 mg/kg i.m.

Rezultati su obradjeni Studentovim t-testom, a značajnim smo smatrali razlike srednjih vrednosti na nivou od $p < 0.05$.

REZULTATI I DISKUSIJA

Opšte je poznato da Ach u niskim dozama prouzrokuje dozno-zavisnu kratkotrajnu hipotenziju zbog aktivacije muskarinskih receptora u zidu krvnog suda. Atropin antagonizuje ovaj efekt Ach. Kada se atropiniziranoj životinji primeni dovoljno visoka doza Ach, aktiviraju se neblokirani nikotinski receptori u nadbubrežnim žlezdama usled čega dolazi do oslobadjanja adrenalina u cirkulaciju s posledičnom vazokonstrikcijom i hipertenzivnim odgovorom. To je tzv. nikotinski efekt Ach na krvni pritisak.

Naši rezultati pokazuju da u pacova ozračenih minimalnom apsolutno letalnom dozom gama zraka, u prvih sedam dana posle zračenja dolazi do pojačanja, mada ne statistički značajnog, hipotenzivnog odgovora na niske doze Ach. Te promene su bile najizraženije 7-og dana posle zračenja (Slika 1).



Slika 1. Uticaj rastućih doza Ach na krvni pritisak pacova 7-og dana posle zračenja

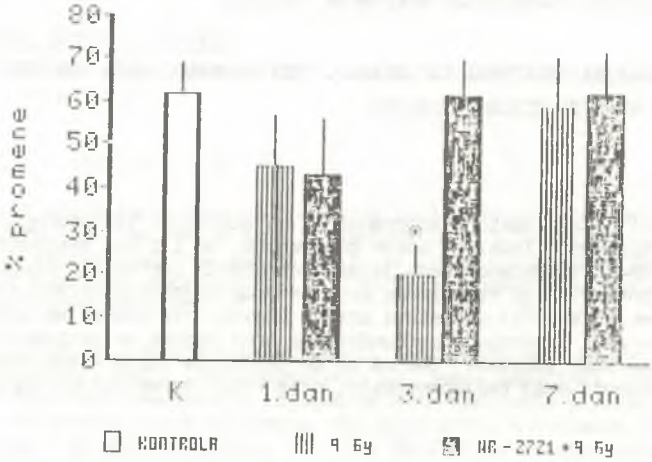
* $p < 0.05$

U životinja štićenih radioprotektorom WR-638 ove promene su bile slabije izražene i niti u jednom slučaju nisu dostigle stepen statističke značajnosti.

U atropiniziranih životinja nikotinski efekt Ach na krvni pritisak biva umanjen za oko 20% već prvog dana posle zračenja, a statistički je značajno manji u odnosu na kontrolu 3-eg postradijacionog dana, da bi se 7-og dana posle zračenja vratio na kontrolni nivo (Slika 2). Uočene promene najverovatnije su posledica zračenjem indukovane deplecije adrenalina iz nadbubrežnih žlezda i oštećene biosinteze ovog hormona u prvim danima posle zračenja, što je u skladu sa rezultatima Vujnov i sar. (4). Naime, ovi autori su pokazali da prvih dana posle letalnog gama zračenja u pacova dolazi do značajnog smanjenja sadržaja adrenalina u nadbubrežnim žlezdama, ali da 7-og postradijacionog dana već nastaje popuna njegovih depoa. Stoga smo i mi u ovom terminu dobili normalan odgovor krvnog pritiska na nikotinski efekt Ach u ozračenih životinja. Radioprotektor WR-638 antagonizovao je i ove promene u reaktivnosti ozračenih životinja na dejstvo Ach.

Stoga u zaključku možemo reći da u prvih sedam dana posle letalnog gama zračenja dolazi do statistički značajnih promena u reaktivnosti kardiovaskularnog sistema

pacova na dejstvo Ach, prvenstveno na njegov nikotinski efekt, te da radioprotektor WR-638 uspešno antagonizuje ove promene.



Slika 2. Uticaj Ach (2,5 mg/kg) na krvni pritisak atropiniziranih pacova (20 mg/kg i.m., 20 min pre Ach) 1-og, 3-eg i 7-og dana posle ozračenja
* $p < 0,01$

INFLUENCE OF ACETYLCHOLINE ON BLOOD PRESSURE IN IRRADIATED AND BY CISTAPHOS (WR-638) PROTECTED RATS

SUMMARY

Gamma-irradiation (^{60}Co, 9 Gy) causes the changes of cardiovascular effects of acetylcholine (Ach) in rats, within 7 days after irradiation. The nicotinic effect of Ach on blood pressure is particularly affected and is significantly reduced at 3 day after irradiation. Radioprotector WR-638 successfully antagonises the radiation-induced changes of blood pressure response to Ach.

LITERATURA

1. Wakoff M.H. (1972). The effects of fast neutron irradiation on blood pressure and the response to epinephrine and acetylcholine in the rat, Radiat.Res., 49: 624-630.
2. Varagić V.M., Stepanović S.R. (1974). Neki aspekti reaktivnosti ozračenog organizma prema lekovima, Medicinska istraživanja (Suppl), 2: 79-84.
3. Šastin R.N. i sar. (1960). Aktivnost` ložnoj i istinnoj holinesterazy u oblučennyh živothyh, Med.Radiol., 5: 88-89.
4. Vujnov S. i sar. (1980). Uticaj ozračenja na sadržaj adrenalina i noradrenalina u nadbubrežnim žlezdama, plazmi i mokraći pacova, Zbornik VMA, 18-23.

XVI SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Silva Dobrić, Mirjana Cvetković, S.R. Milovanović i A. Milovanović
Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Beograd

EFEKAT PROPRANOLOLA NA AKTIVNOST IZOLOVANOG, PERFUNDOVANOG SRCA OZRAČENIH I RADIOPROTEKTOROM WR-2721 ŠTIĆENIH PACOVA

REZIME

Ispitani su efekti beta-blokatora propranolola na aktivnost izolovanog perfundovanog srca pacova ozračenih letalnom dozom gama-zraka, uz ili bez prethodne primene radioprotektora WR-2721. Ustanovljeno je da u ozračenih kontrolnih životinja dolazi do značajnog potenciranja negativnog hronotropnog dejstva propranolola 4-og dana posle ozračenja. WR-2721 ne uspeva antagonizovati ove zračenjem indukovane promene u reaktivnosti izolovanog perfundovanog srca pacova na propranolol, već in, štoviše, i sam može izazvati. Smatra se da deplecija depoa kateholamina u srcu pacova, do koje dovodi ovaj radioprotektor, može biti, barem delom, odgovorna za uočene efekte.

UVOD

Dosadašnja istraživanja o uticaju radioprotektora WR-2721 na promene u aktivnosti miokarda pacova, prouzrokovane zračenjem, pokazala su da on ne uspeva antagonizovati kardiodepresivne efekte jonizujućeg zračenja, već da u radioprotektivnoj dozi per se može prouzrokovati depresiju miokardijalne aktivnosti (1, 2). Stoga se postavilo pitanje da li će WR-2721 biti u stanju da spreči zračenjem indukovane promene u reaktivnosti miokarda na kardiotropne lekove, budući da je poznato da se reaktivnost pojedinih organa prema farmakološkim agensima značajno menja u postradijacionom toku (3, 4, 5).

U ovom radu ispitana je efikasnost WR-2721 u sprečavanju zračenjem indukovanih promena u reaktivnosti izolovanog, perfundovanog srca pacova na beta-blokator propranolol.

MATERIJAL I METODE

U eksperimentu su korišćeni Wistar pacovi, muškog pola, telesne težine od 200 do 250 g. Sve životinje su bile iz istog legla i pre, kao i za vreme eksperimenta čuvane su i hranjene pod istim uslovima. Životinje su bile ozračivane na izvoru gama zraka (^{60}Co) u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči, dozom od 9 Gy (64 cGy/min). Radioprotektor WR-2721 ("Bosnalijek", Sarajevo) uvek je davan 20 minuta pre ozračenja u dozi od 300 mg/kg, i.p.

Eksperimenti su izvedeni na izolovanom perfundovanom srcu pacova po metodi Langendorff-a 1-og, 4-og i 7-og dana posle ozračenja celog tela. Nakon stabilizacije

preparata, propranolol (500 μg) je aplikovan preko kanile u perfuzat u volumenu od 0.1 ml, a istom zapreminom fiziološkog rastvora kanila je potom isprana. Amplituda kontrakcije, frekvencija srca i koronarni protok izolovanog perfundovanog srca praćeni su tokom 30 min od aplikacije propranolola.

Statistička obrada rezultata

Rezultati su obrađeni Studentovim t-testom, a značajnom razlikom smatrane su vrednosti za $p < 0.05$.

REZULTATI I DISKUSIJA

Propranolol primenjen u dozi od 500 μg na izolovano perfundovano srce pacova dovodi do značajne depresije svih parametara kardijalne aktivnosti (Sl. 1) Najviše je deprimirana frekvencija, koja se posle inicijalnog pada za oko 80% od početne vrednosti sporo oporavlja i do kraja posmatranog perioda ne uspeva vratiti na kontrolni nivo.

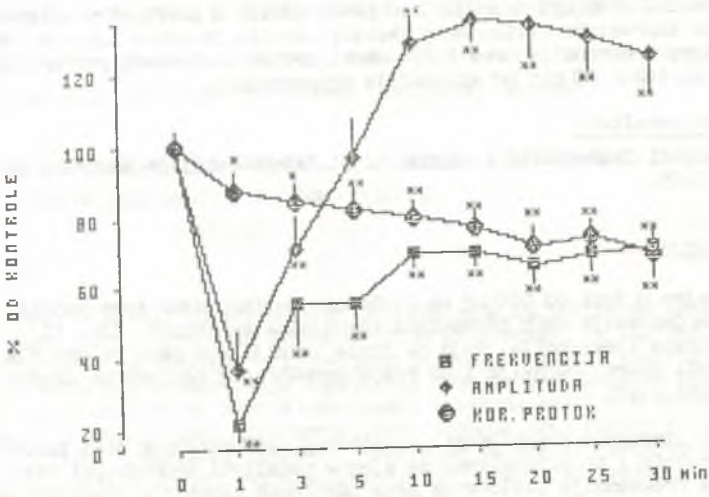
Zračenje dovodi do izmenjene reaktivnosti izolovanog perfundovanog srca pacova na dejstvo propranolola i to prvenstveno na njegov negativni hronotropni efekt. Poluvreme oporavka frekvencije izolovanog srca ozračenih životinja značajno se produžava 4-og dana posle ozračenja, što koincidira s prelazom latentnog u manifestni oblik radijacione bolesti (Sl. 2). WR-2721 ne antagonizuje ove, zračenjem indukovane promene u reaktivnosti izolovanog perfundovanog srca pacova na propranolol, nego ih čak i pojačava i to pogotovo 4-og dana posle zračenja. Nadalje, i on sam per se dovodi do izmenjene reaktivnosti izolovanog perfundovanog srca pacova na negativni hronotropni efekt propranolola i to 24 časa posle primene radioprotektivne doze.

Ovi rezultati u skladu su sa našim ranijim istraživanjima (1, 2) u kojima smo pokazali da WR-2721 ne uspeva da antagonizuje kardiodepresivne efekte zračenja, već ih ponekad i potencira, te da sam može prouzrokovati smanjenje miokardijalne aktivnosti u pacova. Ovo dejstvo WR-2721 može biti bar delom, posledica deplecije depoa kateholamina u srcu pacova, na šta ukazuju naši preliminarni rezultati. Poznato je da i zračenje uzrokuje ovaj fenomen (3), pa je i to verovatno jedan od razloga zašto dolazi do izmenjene reaktivnosti izolovanog perfundovanog srca ozračenih životinja na dejstvo propranolola.

EFFECT OF PROPRANOLOL ON ISOLATED PERFUSED HEART ACTIVITY OF IRRADIATED AND BY WR-2721 PRETREATED RATS

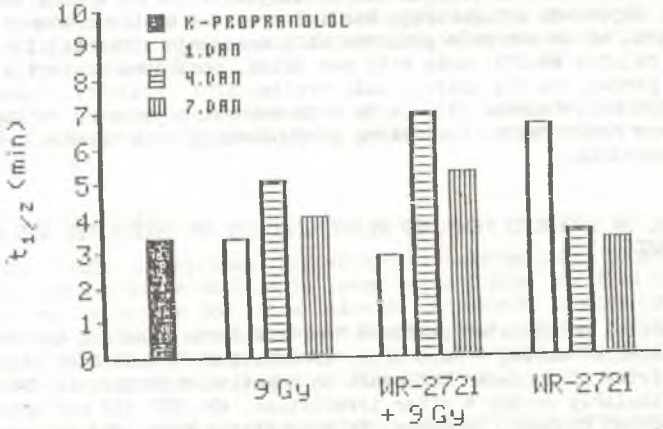
Summary

The effect of propranolol on isolated perfused heart of irradiated and by WR-2721 pretreated rats was studied during 7 days after irradiation. Irradiation significantly changed reactivity of isolated rat heart on negative chronotropic effect of propranolol, particularly on day 4 after irradiation. WR-2721 did not antagonize these irradiation-induced changes. Moreover, it potentiated them, and per se induced also the intensification of negative chronotropic effect of propranolol 24 hours



Slika 1. Uticaj propranolola (500 µg) na aktivnost izolovanog perfundovanog srca pacova.

$^{*}p < 0.01$; $^{**}p < 0.001$



Slika 2. Uticaj WR-2721 (300 mg/kg i.p., 20 min pre zračenja) na poluvreme oporavka frekvencije izolovanog perfundovanog srca ozračenih pacova posle aplikacije propranolola (500 µg)

after application of radioprotective dose. It is supposed, that this effect of WR-2721 might be, at least partially, due to the depletion of catecholamine heart stores caused by WR-2721.

LITERATURA

1. Dobrić S. i sar.: The protective effect of WR-2721 on myocardial activity in irradiated rats: I Activity of the isolated perfused heart, Iugoslav.Physiol. Pharmacol. Acta, 26: 63-67, 1990.

2. Dobrić S. i sar.: The protective effect of WR-2721 on myocardial activity in irradiated rats: II Activity of the in situ heart preparation, Iugoslav. Physiol.Pharmacol. Acta, 26: 69-72, 1990.

3. Varagić M.V. i Stepanović R.S.: neki aspekti reaktivnosti ozračenog organizma prema lekovima, Medicinska istraživanja (Suppl.), 2: 79-84, 1974.

4. Saksonov P.P. i sar.: Reaktivnost oblučenogo organizma k lekarstvennym veščestvam. U: Radiacionnaja farmakologija, Medicina, Moskva, 1976, 180-213.

5. Cvetković M. i sar.: Ispitivanje efekata hipnotika u ozračenih pacova, Zbornik radova; XV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, Priština, 06.-09. VI, 1990., 481-484.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
NEUM, 28. - 31. .1991.GODINE

DEKONTAMINACIJA SVINJSKOG MESA POSLE ALIMENTARNE KONTAMINACIJE ŽIVOTINJA SA 137 Cs

Gačević M.[x], Stanković S.[xx], B.Mitrović R.[xxx] i Begović J.[xx].

x - Vojna pošta 2082 Beograd
xx - Institut za primenu nuklearne energije Zemun - Beograd
xxx - Veterinarski i mlekarski institut, Beograd

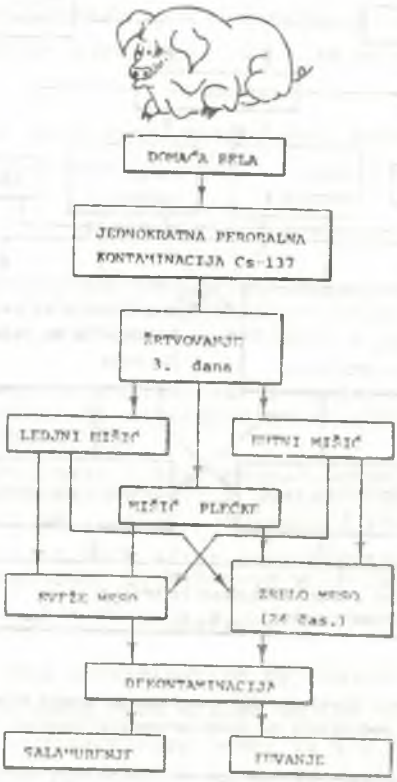
U V O D

Proučavajući kontaminaciju domaćih životinja sa biološki najznačajnijim radio nuklidima, produktima fisije, ustanovili smo da se oni relativno lako resorbuju iz digestivnog trakta i ugrađuju u sve organe i tkiva, u većoj ili manjoj količini zavisno od vrste radioaktivnog iztopa. Radio izotopi cezijuma se skoro homogeno ugrađuju u različite vrste mišića, međutim, ovaj radioizotop se može u velikom procentu odstranici iz mesta primenom jednostavnih tehnoloških i kulinarskih postupaka (1, 2 i 3).

U ovom radu želeli smo da ispitamo mogućnost za dekontaminaciju svinjskog mesa koje potiče od kontaminiranih životinja. Svinje su kontaminrane per os jednokratno sa cezijumom - 137, kao jednim od najvažnijih produkata fisije. Cilj nam je bio da se osposobi za ljudsku ishranu i meso čiji nivo radioaktivnosti prelazi dozvoljeni nivo radioaktivnosti. Z a dekontaminaciju smo koristili različite metode salamurenja i različite vrste mišića (butna, leđna i mišići plećke), a efekat dekontaminacije smo određivali u % skinute radioaktivnosti pri različitim eksperimentalnim uslovima.

Materijal i metod rada

Eksperimenti su vršeni na svinjama oba pola, rase "domaća bela", čija je početna težina iznosila oko 50 kg (30 životinja). Svinje su kontaminirane jednokratno per os sa dozom od 5.772 KBq/životinji (176/uCi) 137 CsCl. Detaljniji plan eksperimenta prikazan je na šemi 1 i 2.

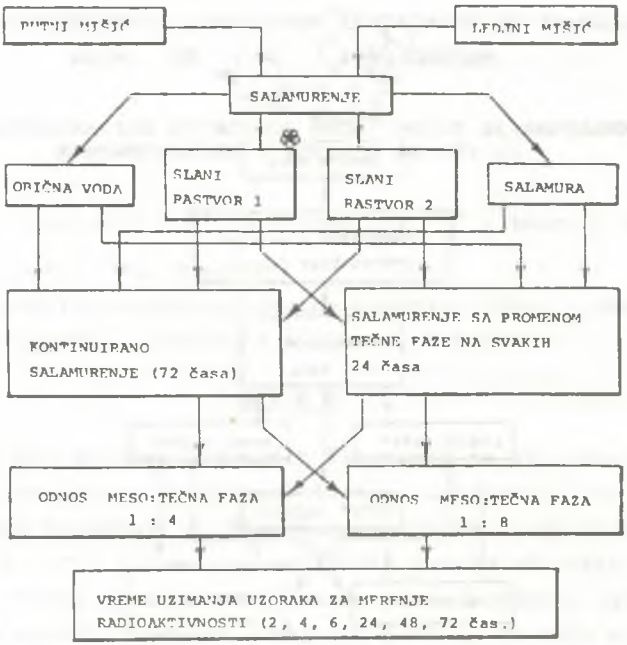


Šema 1: Šematski prikaz kontaminacije svinja i postupak dekontaminacije

Uspeh dekontaminacije izražavali smo u % skinute radioaktivnosti. Rezultati su statistički obrađeni, i biće prikazani u više grafikona, ali zbog nedostatka prostora ove će biti izostavljeni.

Rezultati i diskusija

Dobijeni su vrlo ohrabrujući rezultati, jer je efekat dekontaminacije iznosi od 50 do 95%. Na uspeh dekontaminacije manje utiče vrsta mišića, a više faza zrenja mesa, dužina salamurenja, da li je dekontaminacija bila kontinuirana ili sa primenom tečnosti posle 24 h, odnosno meso : tečna faza itd.



⊛ Posle svih postupaka dekontaminacije uzorci slanog rastvora 1 podvrgnuti su dekontaminaciji kuvanjem

Šema 2: Šematski prikaz dekontaminacije svinjskog mesa postupkom salamurenja

Najveći efekat je postignut kod zrelog mesa kad je odnos meso : salamura iznosio 1 : 8. Najmani postotak skinute radioaktivnosti bio je kod svežeg mesa i odnosa meso : salamura 1 :4. Od preostale radioaktivnosti dodatnim kuvanjem mesa uklanja se još 30 - 50% preostale aktivnosti.

Zaključak

Na osnovu postignutih rezultata možemo da zaključimo sledeće:

1. Meso svinja koje je strukturno kontaminirano sa 137 Cs može se osposobiti za ljudsku ishranu dekontaminacijom jednostavnim kulinarskim i tehnološkim postupcima : potapanjem u vodu i salamurenjem 24 - 72 h.

2. Najveći uspeh dekontaminacije postiže se kod zrelog mesa kada je odnos meso : tečnost iznosio 1 : 8, i sa primenom tečne faze posle 24 h.

3. Kuvanjem dekontaminiranog mesa u vodi može se od preostale aktivnosti ukloniti dodatnih 25 - 58%.

Literatura

1. M.Gačević.S.Stanković,J.Begović,R.Mitrović: Kontaminacija svinja sa cezijumom - 137 posle višekratne kontaminacije. XII Savetovanje o dijagnostici, profilaksi i terapiji u savremenoj stočarskoj proizvodnji.
2. M.Gačević,J.Begović,S.Stanković i R.Mitrović: Mogućnosti radiološke dekontaminacije živinskog mesa. XIII Jug.simp. za zaštitu od zračenja, Pula,1985.
3. M.Gačević, R.Mitrović,S.Stanković,J.Begović: Prilog poznavanju peroralne kontaminacije svinja sa nekim produktima fisije, XI Jug. simp.za zaštitu od zračenja. Portorož, 1981.god.
3. Decontamination of Pork after Contamination per os vith 137 Cs Gačević M., Stanković S.,Mitrović R. i Begović J.

Abstract

After one per os pig contamination by cesium 137.at dose of 5772 KBg per animal, the animals vere killed on the thrid dey. After the determination of radioactivity level in the different muscles, the meat was put at the process of decontamination by putting into water, NaCl solution and Cure and then boiled i hour in water. Curng lasted 72 hours at 4°C, In this way we succeeded in taking away quantity of cesium 137 from the meat. Percentage of removed radioactiviy was from 35 - 95% wat depended on the conditions of the experiment.

KRITIČKI OSVRT NA HIPOTEZU O LINEARNOJ EKSTRAPOLACIJI

Jeremić M. i Panov D.

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

Postoje, uglavnom, tri alternativne hipoteze koje pokušavaju da objasne biološko dejstvo malih doza jonizujućih zračenja. To su:

- hipoteza o pojavi stohastičkih efekata bez prag-doze (hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji);
- hipoteza o pojavi stohastičkih efekata posle odredjene prag-doze i
- hipoteza o pozitivnim efektima malih doza (hipoteza o radijacionoj hormezi).

Prema hipotezi o linearnoj ekstrapolaciji apsorbovane doze jonizujućih zračenja, uključujući i vrlo male doze prirodnog zračenja, štetne su na svim nivoima, pri čemu se opasnost od njih povećava sa veličinom i jačinom apsorbovane doze. Najvažnijim somatskim stohastičkim efektom koji može nastati kao posledica ozračenja malim dozama smatra se indukcija malignih alteracija. Kako postoji veliki broj lica koja su izložena malim dozama zračenja, bilo iz prirodnih izvora, bilo kao posledica profesionalne ekspozicije ili medicinske primene, postoji verovatnoća da je izvestan broj malignih oboljenja posledica ekspozicije malim dozama. Medjutim, ispitivanja koja su obavljena na populacijama eksponovanim malim dozama nisu pružila bilo kakvu statistički vrednu indukciju o povećanju incidencije kancera u tim populacijama. Statistički značajno povećanje lataliteta zbog malignih obolenja

bilo je evidentno tek posle visokih doza zračenja, većih od jednog greja, primljenih u kratkom vremenskom periodu. Jedino na osnovu raspoloživih podataka sa visokim dozama bilo je mogućno, matematičkom procenom rizika, dobiti linearan odnos izmedju doze i broja prouzrokovanih kancera i taj odnos ekstrapolisan je do nule. Takva ekstrapolacija ukazuje da svaka doza može izazvati malignu alteraciju, ali da se taj efekat ne može iskazati zbog visoke prirodne incidencije kancera. Na osnovu tih pretpostavki, a da bi obezbedila bolju i sigurniju zaštitu od jonizujućih zračenja, Medjunarodna komisija za radiološku zaštitu je, iz razloga predostrožnosti, postavila hipotezu o linearnoj zavisnosti izmedju doze i efekta (1).

Prema hipotezi o pojavi stohastičkih efekata posle odredjene prag-doze verovatnoća da će doći do oštećenja raste sa veličinom primljene doze i jačinom ekspozicije, ali da postoji odredjeni nivo ekspozicije ispod koga za ljudsku populaciju ne postoji opasnost od oštećenja. Toj hipotezi idu u prilog rezultati epidemioloških ispitivanja koja su vršena u pojedinim oblastima sa visokom prirodnom radioaktivnošću u poredjenju sa oblastima sa niskom radioaktivnošću. Ta ispitivanja ukazala su da je incidencija bronhogenog karcinoma pluća u svim ispitivanim oblastima manja, ili približno ista, medju stanovništvom koje živi u oblastima sa visokom radioaktivnošću, u odnosu na kontrolnu grupu. Ispitivanja su vršena u jugoistočnoj Finskoj, oblasti Guangdong u Kini, Cumberland County u Pensilvaniji, oblasti Skaraborg u švedskoj (2) i u Badgasteinu u Austriji (3). U ispitivanjima koja su vršena u oblastima Kerala i Tamil Nadu u Indiji, gde prirodni fon iznosi oko 1,5 cSv/god., takodje nisu zapaženi statistički značajni efekti zračenja na humanu populaciju (4). Nacionalni savet za radiološku zaštitu SAD u svojoj publikaciji NCRP Report 64, na osnovu novih raspoloživih činjenica zaključio je da su male doze zračenja (manje od 20 centigreja) ili manje jačine doza (manje od 5 cGy/god) sa niskim LET-om, dva do deset puta manje efektivne u izazivanju štetnih efekata nego što

bi se očekivalo ekstrapolacijom, na osnovu hipoteze o lienarnoj zavisnosti izmedju doze i efekta (5).

Hipoteza o hormetičkim efektima poslednjih godina, takodje, privlači pažnju stručne i naučne javnosti. Mnogi publikovani rezultati eksperimentalnih ispitivanja ukazuju da vrlo male doze pozitivno utiču na rast i razvitak životinja, na plodnost i produženje života. Naročito poboljšanje ispoljavalo se na rastu i preživljavanju mladunaca, bržem zarastanju rana, otpornosti prema infekciji i indukciji malignih alteracija (6). Na osnovu najnovijih naučnih podataka, posle poslednje revizije individualno primljenih doza žrtava bombardovanja u Hirošimi i Nagasakiju (DS86 - Dosimetry System, 1986), smatra se da je grupa koja je bila izložena najmanjim dozama zračenja (za koju se pretpostavlja da je primila dozu od 1 do 9 centrigreja) pokazala manju frekvenciju malignih alteracija u odnosu na neeksponovanu grupu, što bi se takodje moglo pripisati hormetičkim efektima (7). Koliki se značaj pridaje problemu hormetičkih efekata ukazuje podatak da je u Oakland-u (Kalifornija) održana medjunarodna konferencija sa temom "Radiation Hormesis", kojoj je prisustvovalo više od sto pedeset naučnika iz raznih zemalja (8). Zaključak konferencije bio je da se postojanje radijacione hormeze za sada nije moglo sa sigurnošću utvrditi, ali da značajne indikacije ukazuju da ona postoji (9).

Na osnovu novih naučnih saznanja o biološkom dejstvu malih doza jonizujućih zračenja na ljudsku populaciju postavlja se pitanje da li je hipoteza o linearnoj ekstrapolaciji koju je postavila Medjunarodna komisija za radiološku zaštitu, a koju su .aksiomatično prihvatili mnogi strunjaci za radiološku zaštitu, i dalje održiva.

ABSTRACT

Critical review on the no-treshold hypothesis. The three alternative hypotheses that purport to describe biological effects of low levels of ionizing radiations to human populations are presented. The question is raised if the hypothesis of the linear extrapolation is, in the light of the new scientific achievements, yet valid.

BIBLIOGRAFIJA

1. International Commission on Radiological Protection, Recommandations of the ICRP, ICRP Publication 26, Oxford, Pergamon Press, 1977.

2. Cohen B.: Tests of the linear, no-treshold dose-response relationship for high-LET radiation, Health Phys. (1987), 52 (5): 629-636.

3. Hofmann W., Katz R. and Chunxiang Z.: Lung cancer risk at low dose of alpha particles, Health Phys. (1986), 51 (4): 457-468.

4. Nambi K. and Soman S.: Environmental radiation and cancer in India, Health Phys. (1987), 52 (5): 663-667.

5. National Council on Radiation Protection and Measurements, Influence of dose and its distribution in time on dose-response relationships for low-LET radiations, NCRP Report No.64 (1984), New York, Pergamon Press.

6. Luckey T.: Physiological benefits from low levels of ionizing radiation, Health Phys. (1982), 43: 771-789.

7. Bloom E.: Delayed effects of low-dose radiation on cellular immunity in atomic bomb survivers residing in United States, Health Phys. (1987), 52 (5): 585-591.

8. Special Issue on Radiation Hormesis, Health Phys. (May, 1987), 52 (5).

9. Cohen J. and Smith C.: Radiation Hormesis: Summary and review of current information, Proceedings of 30th Aniversary Symposium of Radiation Protection in the Boris Kidric Institute of Nuclear Sciences, Dubrovnik, 2 - 6 October 1989, 122-130.

EFIKASNOST WR-2721 U PREVENIRANJU ARS KOD SVINJA NAKON PERORALNE APLIKACIJE

Kljajić R., Milovanović A., Herceg Z., Milošević Z., Ciganović P.
Veterinarski fakultet, Zavod za radiologiju, V. Putnika 134, Sarajevo

REZIME

U radu su iznijeti preliminarni rezultati istraživanja efikasnosti WR-2721 u prevenciji akutnog radijacionog sindroma (ARS) kod svinja, nakon peroralne aplikacije. Protektor WR-2721 je upotrijebljen u obliku mikrosfera (pripravak za per os aplikaciju) i apliciran je 60 minuta prije akutnog ozračivanja letalnom dozom visokoenergetskog X-zračenja. Rezultati ukazuju da doza od 150 mg/kg aktivne supstance aplicirane per os 60 min. prije ozračivanja letalnom dozom ne štiti životinje efikasno kao što je to slučaj nakon i.m. aplikacije iste doze.

UVOD

Od velikog broja radioprotektivnih hemijskih supstanci do sada su u sticenju eksperimentalnih životinja najbolji rezultati postignuti radioprotektorima iz grupe tiofosfata. Medju ovim radioprotektorima jedan od boljih se pokazao WR-2721 te se isti smatra potencijalno upotrebljivim sredstvom u zaštiti ljudi i zivotinja od jonizujuceg zracenja (6). Iako je ovaj radioprotektor svestrano istraživan nema dovoljnog broja studija o njegovoj peroralnoj primjeni. Poznato je da se ovaj radioprotektor u kiseloj sredini želudca hidrolizuje što neutrališe njegove radioprotektivne sposobnosti.
Postoji izvjestan broj studija i radova u kojima je ovaj problem riješavan aplikacijom ovog radioprotektora u obliku mikrosvera čime se sprječava njegova inaktivacija u kiseloj sredini želudca.
Potrebno je naglasiti da su ova ispitivanja vršena na miševima te se rezultati ne mogu sa sigurnošću ekstrapolirati na životinje veće biomase i drugačijih metaboločkih osobina.
Na dalje, ne postoje podaci o njegovoj podnošljivosti kod peroralne primjene na životinjama veće biomase. Nasa ranija istrazivanja ukazuju da ovaj radioprotektor efikasno stiti svinje nakon ozracivanja minimalnom letalnom dozom visokoenergetskog X-zracenja ako se aplicira i.m. u dozi od 150 mg/kg 20 minuta prije ozracivanja (sve životinje prežive eksperimentalni period od 30 dana (1,3). Zato smo ovim preliminarnim istrazivanjem pokusali utvrditi kakva je efikasnost iste doze protektora ako se aplicira per os.

MATERIJAL I METODE

Za izučavanje efikasnosti zaštite svinja protektorom WR-2721 korišteno je 8 životinja pasmine "landras" težine oko 30 kg i starosti 3,5 mjeseca
Životinje su ozračene bilateralno maksimalnom letalnom dozom (LD 100/30=4,18 Gy) industrijskim linearnim akceleratorom tipa Linatron 400 firme "Varian"SAD sa maksimalnom brzinom doze od 2,15 mC kg-1 s-1, s tim da su 4 životinje prije ozračivanja štićene radioprotektorom.
Kao zaštitno sredstvo korišten je WR-2721 u formi mikro sfera gdje je aktivna supstanca bila 46%, a ostatak je vehikulum, u dozi od 150 mg aktivne supstance po kg tjelesne težine. Protektor je apliciran peroralno 60 min prije ozračivanja.

REZULTATI I DISKUSIJA

U toku 30 dana nakon ozračivanja svakodnevno je praćena klinička slika, vrijeme preživljavanja i hematološki status. S obzirom na ranije postignute rezultate nakon i.m. aplikacije iste doze protektora (100% preživljavanje letalno ozračenih svinja) nastojali smo ispitati efikasnost WR-2721 nakon davanja protektora per os (4). Kako je poznato da kiseli medij zeluca inaktivira aktivnu komponentu protektora to smo za aplikaciju per os upotrijebili prethodno pripremljeni preparat u obliku mikrosfera (nosac + obloga od etilceluloze) čime je onemogućena njegova razgradnja u zelucu. Odlučili smo se da aplikaciju izvrsimo 60 minuta prije ozračivanja s obzirom da je potrebno duze vrijeme da nakon pasaze kroz želudac i resorpcije u tankom crijevu protektor postigne dovoljnu koncentraciju u krvi nego što je to slučaj nakon i.m. aplikacije (2,7). Vrijeme preživljavanja kod štićenih životinja bilo je nešto duže u odnosu na neštićene. Ugibanja kod štićenih životinja bila su izmedju 12. i 28. dana po ozračivanju a kod neštićenih izmedju 5. i 18. dana. Dobijeni rezultati ukazuju da su klinički simptomi u postradijacionom periodu bili nespecifični i brojni. Kod svih životinja mogle su se uočiti prve tri faze radiacione bolesti uz napomenu da simptomi nisu izraženi kao kod neštićenih životinja, kao ni prelaz iz jednog u drugi stadij radiacione bolesti.
U prva dva dana nakon ozračivanja (prodromalni stadij) opšte stanje životinja nije znatnije poremećeno izuzev lakše potoštenosti, slabijeg uzimanja hrane i blagog konjuktivitisa. Trećeg dana (latentna faza) opšte stanje je nešto poboljšano. Petog dana (faza izraženih kliničkih simptoma) stanje životinja se naglo pogoršava, dolazi do porasta tjelesne temperature, disanje je ubrzano uz povremeni kašalj. Životinje su apatične i pretežno leže. Interes za hranu postoji.
Najizraženiji klinički simptomi karakteristični za ARS su uočeni šestog i sedmog dana uz izraženu inapetencu. Životinje usporeno reaguju na vanjske podražaje. Desetog dana primjećene su promjene na koži karakteristične za ARS ali mnogo blažeg oblika nego kod neštićenih životinja. Ovako stanje ostalo je nepromjenjeno sve do uginuća 12, 14,18 odnosno 28 dana nakon ozračenja.

Hematološki parametri praćeni su neposredno nakon ozračenja zatim 24 sata, 3, 7, 14, 21 dan. Promjene u broju eritrocita i vrijednosti hemoglobina su najmanje izražene. Pad broja eritrocita je bio kratkotrajan od trećeg do sedmog dana kad se njihov broj vraća na normalu i ostaje nepromjenjen do uginuća.
Pad broja leukocita je u konstantnom padu koji je uočen odmah po ozračenju i pad broja se konstantno nastavlja sve do uginuća životinja. Ovakav pad je isti i kod trombocita.
Broj retikulocita opada do 7 dana kada njihov broj u perifernoj krvi počinje blago da raste (5). Vrijeme preživljavanja kod štićenih životinja bilo je nešto duže u odnosu na neštićene. Ugibanja kod štićenih životinja bila su izmedju 12 i 28 dana po ozračivanju, a kod neštićenih izmedju 5 i 18 dana.
Dobijeni rezultati ukazuju da protektor pokazuje odredjeni zaštitni efekt s obzirom na duže vrijeme preživljavanja eksperimentalnih životinja i nešto slabije izražene kliničke simptome, ali ukupni efekt zaštite u smislu preživljavanja životinja izostaje.
Ova preliminarna istraživanja otvaraju nekoliko novih pitanja na koja bi trebalo dati odgovor u narednom periodu:
- koja je maksimalna tolerantna doza WR-2721 za peroralnu aplikaciju
- koje je optimalno vrijeme peroralne aplikacije protektora prije ozračivanja
- za koje vrijeme nakon per os aplikacije se postiže maksimalna koncentracija protektora u krvi
- kakav je zaštitni efekat maksimalno tolerantne doze nakon letalne doze X-zračenja i koliki je dozni redukcioni faktor.

ZAKLJUCCI

1. WR-2721 u obliku mikrosfera i u dozi 150 mg/kg tjelesne težine apliciran peroralno ne pruža dovoljnu zaštitu nakon ozračivanja letalnom dozom visokoenergetskog X-zračenja.

2. Uputno je nastaviti ova istraživanja u pravcu odredjivanja efikasne doze protektora za per os aplikaciju kao i vremena davanja protektora odnosno postizanje njegove maksimalne koncentracije u krvi čime bi se s obzirom na rezultate pri i.m. aplikaciji postigao i veći zastitni efekat.

LITERATURA:

1. Grečka I., Belavina L.P., Kalistratov V.G.: Vlijanije nekotorijih farmakologiceskih sredstv na radiozašČitnuju aktivnost, toksičnost i raspredelenije APAETF pri peroralnom sposobe vedenija. Radiobiologija 19, 3, 372-376, 1979

2. Fatome M., Couteille J.D., Laval D., Roman V.: Radioprotective activity of ethylcellulose microspheres containing WR-2721 after oral administration. Int. J. Radiat. Biol. Vol. 52, No. 1, 21-29, 1987

3. Fatome M., Couteille J.D., Laval D., Roman V.: Radioprotective effect of WR2721 incorporated in microspheres after oral administration in mice. Int. J. Radiat. Biol., 51, 913, 1987

4. Herceg Z.: Utjecaj radioprotektivnog sredstva WR 2721 na preveniranje hemoragicne dijateze kod akutno ozracenih svinja. Magistarski rad, Veterinartski fakultet Sarajevo, 1989

5. Herceg Z., Milosevic R., Kljajic R., Horsic E.: Influence of WR 2721 on the hematology parameters in the lethally irradiated pigs. III Italian-Yugoslav Symposium Radiation Protection, Plitvice, Yugoslavia, 1990, The Proceeding is in the course of printing.

6. Milanovic A., Granov A., Cizmic S., Ćosić M.: Zastitni efekt fosforotioata u ozracenih zivotinja. Zbornik XIII simpozijuma JDZZ, Vol. 1, 201-204, 1985

7. Nina Felice Tabachnuik, Peter Blackburn, Charles M. Peterson, and Antony Celami: Protein binding of N-2-mercaptoetyl-1,3 diaminopropane via mixed disulfide formation after oral administration WR 2721. The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, Vol. 220, No 2., 243-246, 1982

- EFFICACY OF WR 2721 IN THE PREVENTTION OF ARS, IN PIGS AFTER PER OS ADMINISTTRATION

RESUME

The preliminary results of examining efficasy of WR 2721 in the prevention of acute radiation syndrome in pig, after per os administration are discussed. WR 2721 is used via microsphers and applicated 60 minutes before irradiation by lethal dose of high energy of X-rays. The results indicate that dose of 150 mg/kg of active substance administered per os 60 minutes before irradiation does not protect animals as efficient as in the case of i.m. application of the same dose.

AKTIVNOST TRANSAMINAZA U KRVNOJ PLAZMI PASA S UDRUŽENOM RADIJACIJSKOM OZLJEDOM

P. Kraljević, M. Šimpraga, D. Capak, Seveta Miljanić

Zavod za fiziologiju i radiobiologiju, Veterinarski fakultet, Zagreb.

U v o d

Patogeneza udruženih radijacijskih ozljeda kombinacija je patogeneze akutnog radijacijskog sindroma koji nastaje zbog ozračivanja gama-zrakama i (ili) neutronima i neke klasične ozljede, u našem slučaju, prijeloma noge. Budući da prilikom ozračivanja organizma dolazi, pored ostalog, do oštećenja stanica odnosno njihovih membrana, njihova propustljivost je promijenjena pa aktivnost enzima u krvnoj plazmi može biti povećana (1). Imajući na umu tu činjenicu, te činjenice da a) neka klasična, pridružena ozljeda u načelu pogoršava učinke ionizacijskog zračenja (2), i b) da u literaturi nismo našli podataka o kretanju aktivnosti transaminaza u krvnoj plazmi pasa s frakturom koji su naknadno bili i ozračeni gama-zračenjem, htjeli smo u ovom radu istražiti da li i u kojoj mjeri takva udružena radijacijska ozljeda u pasa utječe na aktivnost transaminaza u krvnoj plazmi.

M a t e r i j a l i m e t o d e

Pokuse smo načinili na šest pasa mješanaca, oba spola, starosti od 1,5 do 5 godina i tjelesne mase 9-12 kilograma u pokusnoj i 18-22 kilograma u kontrolnoj skupini. Svakom psu operacijom smo postavili na intaktnu lijevu tibiju odgovarajuću pločicu, a zatim je po sredini dijafize prepilili pilom po Gileu (3). Četvrti dan nakon operacije ozračili smo tri životinje gama-zrakama (Co-60) i to cijelo tijelo s dozom od 2 Gy (3). Krv za analizu vadili smo venepunkcijom iz cefalične vene prije operacije, te 1, 3, 5, 7, 11, 15, 30. i 65. dana nakon operacije. U krvnoj plazmi odredjivali smo aktivnost aspartat-aminotransferaze (AST) i alanin-aminotransferaze (ALT) spektrofotometrijski koristeći komplet-reagencije proizvodjača Boehringer Mannheim. Dobiveni rezultati prikazani su kao srednje vrijednosti, a značajnost razlika provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

R e z u l t a t i

Rezultati kretanje aktivnosti AST prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Kretanje aktivnosti AST u krvnoj plazmi pasa s udruženom radijacijskom ozljedom (U/L).

Dani	0	1	3		5	7	11	15	30	65
Oper. (n=6)	15	23	15	(n=3)	14	6	8	9	7	20
Oper. + ozrač.				(n=3)	13	5	9	10	11	13

Oper.=operirane; ozrač.= ozračene; n=broj životinja

Neposredno nakon ozračivanja aktivnost AST porasla je u krvnoj plazmi pasa, a zatim je postupno opadala do 5. dana nakon operacije. Nakon ozračivanja aktivnost AST bila je praktički ista u kontrolnoj (samo operirane) i u pokusnoj skupini (operirane i ozračene) životinja tijekom cijelog pokusnog razdoblja.

Aktivnost ALT prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. Kretanje aktivnosti ALT u krvnoj plazmi s udruženom radijacijskom ozljedom (U/L).

Dani	0	1	3		5	7	11	15	30	65
Oper. (n=6)	25	20	14	(n=3)	14	15	18	24	16	39
Oper. + ozrač.				(n=3)	9*	9*	10	11	11	14

Oper.=operirane; ozrač.=ozračene; n=broj životinja; *razlika je statistički značajna na razini 0,05.

I aktivnost ALT u krvnoj plazmi pasa bila je smanjena do 3. dana nakon operacije. Nakon ozračivanja (5. dan pokusa) aktivnost ALT značajno je pala u krvnoj plazmi pokusnih pasa (operirani i ozračeni). Od tada pa do kraja pokusa aktivnost tog enzima rasla je postupno u obje skupine pasa, ali je u pokusnoj skupini ostala na znatno nižoj razini i nikada nije, za razliku od kontrolne skupine, dosegla pokusnu razinu.

R a s p r a v a

Rezultati naših pokusa pokazali su da je operacija noge u pasa uzrokovala pad aktivnosti istraživanih enzima u krvnoj plazmi; aktivnost AST, nakon što se povećala prvi dan nakon operacije, postupno se smanjivala do sedmog dana nakon operacije, a aktivnost ALT smanjivala se do trećeg dana pokusa. Osim toga, rezultati su pokazali da pridružena ozljeda (ozračivanje) nije imala utjecaja na aktivnost AST u krvnoj plazmi, ali je utjecala na aktivnost ALT. Naime, aktivnost ALT bila je u pokusnoj skupini pasa (operacija + ozračivanje) na znatnoj nižoj razini nego u kontrolnoj skupini pasa tijekom cijelog pokusnog razdoblja i nije dosegla razinu aktivnosti zabilježenu u pretpokusnom razdoblju.

Prema tome, kada je riječ o utjecaju operacije na aktivnost enzima u krvnoj plazmi, naši rezultati u suprotnosti su s rezultatima Penneysa i Wilkinsona (4). Oni su, naime, istraživali aktivnost kreatin-fosfataze, enzima koji je također nazočan u većim količinama u mišićima, u serumu ljudi nakon operacije noge, i našli povećanu aktivnost tog enzima. Također je dokazano da i aktivnost transaminaza u serumu ljudi može biti povećana nakon operacije mišića (5).

Koji je pravi uzrok smanjenju aktivnosti transaminaza u krvnoj plazmi pasa nakon operacije koji smo zabilježili u našim pokusima teško je pouzdano reći. Jedan od mogućih razloga mogao bi biti razredjenje krvne plazme koje je nastalo zbog eventualnog većeg uzimanja vode zbog žedji uzrokovane bilo povišenom temperaturom bilo (pre)slanom hranom. Na ovu mogućnost upućuje

nas činjenica da se i vrijednost hematokrita u istih pasa kretala na gotovo isti način, tj. postupno je padala do 7. dana pokusa (6).

Učinak uzajamnog pogoršanja koji je inače karakterističan za udružene radijacijske ozljede očitovao se na aktivnost ALT, ali je izostao kod AST. Očito je, dakle, da je enzim AST, ili pak mehanizmi odgovorni za njegovu sintezu, otporniji na zračenje nago ALT. Ova činjenica bila bi u skladu s rezultatima Kraljevića i sur. (7). Oni su, naime, istražujući učinak radioaktivnog fosfora P-32 na aktivnost AST i ALT u krvnoj plazmi pilića našli da se aktivnost ALT značajno smanjila, dok je aktivnost AST ostala nepromijenjena.

Koji je pravi razlog smanjenju aktivnosti ALT u krvnoj plazmi pasa ozračenih gama-zrakama teško je pouzdano reći. Ovo smanjenje aktivnosti može nastati zbog: a) razgradnje ili inaktivacije dijela enzima; b) smanjene sinteze enzima zbog oštećenja mehanizma odgovornih za njegovu sintezu, i c) oslobadjanja nekih inhibitora ili iščezavanja aktivatora enzima.

S u m m a r y - Influence of combined injury (fracture + irradiation by gama-rays) upon aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) activity in blood plasma of dog was investigated. The obtained results showed that only ALT activity changed in the blood plasma while the AST activity remaind unchanged.

L i t e r a t u r a

1) Coggle, J. E. (1983): Biological effects of radiation. New York: Taylor and Francis.

2) Petrović, B., G. Đurić, B. Draganović (1979): Radiaciona higijena animalne proizvodnje. Beograd: Univerzitet u Beogradu.

3) Kraljević, P., M. Šimpraga, P. Bozicković, Saveta Miljanić, D. Capak, Marina Ćosić (1987): Utjecaj udružene radijacijske ozljede na koncentraciju elektrolita u krvnoj plazmi pasa. Vet. arhiv 57,331-338.

4) Penney, R., J. H. Wilkinson (1970): Elevation of serum creatine kinase following of the leg. Surgery 67, 302-306.

5) Wilkinson, J. H. (1976): The principles and practise of diagnostic enzimology. London: Ardward Arnold.

6) Šimpraga, M., Ljiljana Bedrica, P. Kraljević, D. Capak, P. Božičković: Utjecaj udružene ozljede na neke hematološke pokazatelje u krvi pasa. Vet. arhiv (u tisku).

7) Kraljević, P., D. Emanović, V. Mitin, H. Gomerčić, Branka Kecerin, H. Mazija: Effect of radioactive isotope P-32 upon serum aminotransferases activity in chickens. Vet. arhiv 52, 241-245.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Neum, 28.05. - 31.05.1991.

UTICAJ RADIOPROTEKTORA WR-2721 NA NEKE ZRAČENJEM - INDUKOVANE BIOHEMIJSKE POREMEĆAJE U PACOVA

A. Latinović[1], Silva Dobrić[2] i D. Bokonjić[2]

[1]Vojnomedicinska akademija, Centralna kliničko-hemijska laboratorija, Crnotravska 17 11000 Beograd

[2]Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Katanićeva 15, 11000 Beograd

REZIME

X-zračenje u letalnoj dozi od 8 Gy značajno menja aktivnost aminotransferaza, laktat dehidrogenaze, alkalne fosfataze i kreatin fosfokinaze u serumu pacova u prvih 7 dana posle zračenja. Nakon prolaznog porasta serumske aktivnosti većine posmatranih enzima u prvim satima posle zračenja dolazi do njenog značajnog pada u kasnijem postradijacionom periodu. Radioprotektor WR-2721 uspešno antagonizuje ove promene tako da se 7-og dana posle zračenja aktivnost enzima uglavnom vraća na kontrolni nivo.

UVOD

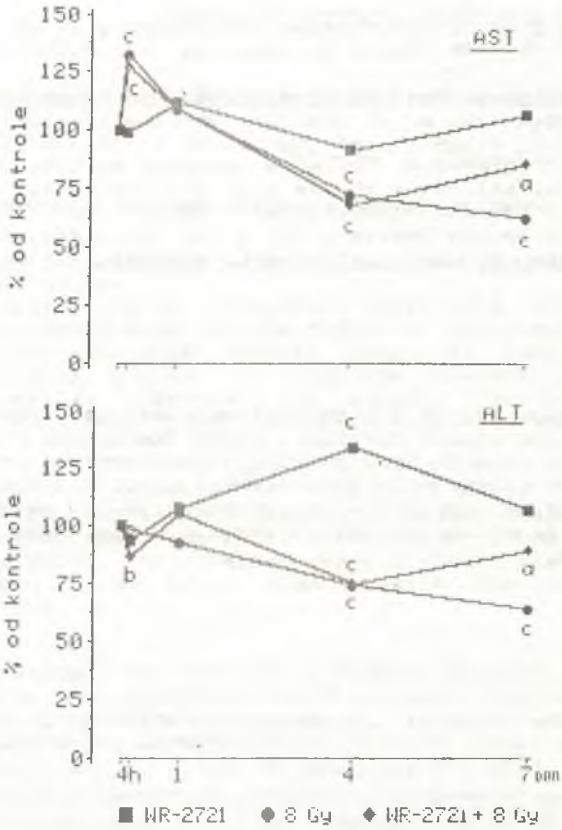
Zavisno od doze, jonizujuće zračenje uzrokuje niz kako funkcionalnih, tako i strukturnih poremećaja u organizmu. Nastale poremećaje prate odgovarajuće promene u aktivnosti enzima u serumu (1), na osnovu kojih možemo zaključiti o stepenu oštećenja pojedinog organa, te pratiti uspeh preduzetih preventivno-terapijskih mera.

U ovom radu ispitan je uticaj radioprotektora WR-2721 na zračenjem indukovane promene u aktivnosti aminotransferaza - AST i ALT, laktat dehidrogenaze - LDH, alkalne fosfataze - AlP i kreatin fosfokinaze - CPK u serumu pacova tokom 7 dana posle letalnog X-zračenja.

MATERIJAL I METODE

Eksperimenti su izvedeni na Wistar pacovima, muškog pola, telesne težine od 200 do 250 g. Životinje su bile podvrgnute ozračenju celog tela X-zrakama u dozi od 8 Gy na linearnom akceleratoru energije 8 eV. Ova doza zračenja uzrokuje gotovo 100%-nu smrtnost u 30-dnevnom postradijacionom periodu. Radioprotektor WR-2721 davan je u dozi od 300 mg/kg i.p., 20 min pre zračenja.

U odredjenim vremenskim intervalima posle zračenja (4 h, 1, 4 i 7 dana) životinjama je pod eterskom narkozom uzimana krv kardijalnom punkcijom. Aktivnost enzima (AST, ALT, LDH, AlP i CPK) u serumu odredjivana je na aparatu "EXPRESS 550" (CIBA CORNING, GILFORD SYSTEMS) uz primenu originalnih reagensa proizvodjača i prema metodama priloženim uz reagense. U svim slučajevima radilo se o uobičajenim enzim-kinetičkim metodama.



Slika 1. Promene u aktivnosti AST i ALT u serumu pacova 4 h, 1, 4 i 7 dana posle ozračenja

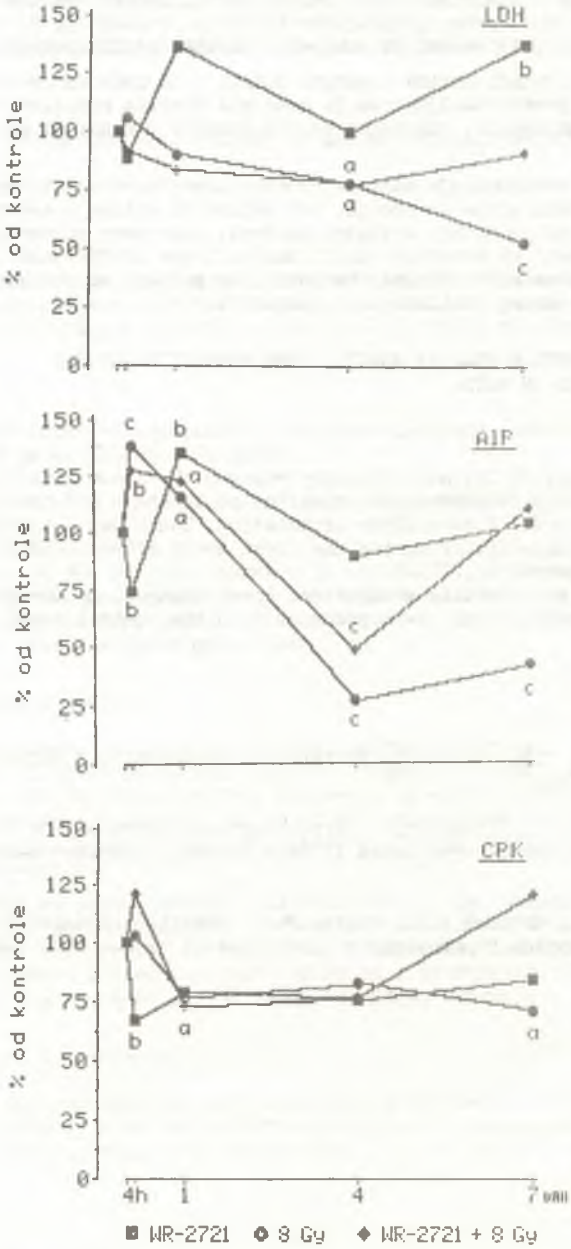
a - $p<0,05$; b - $p<0,01$; c - $p<0,001$

Statistička obrada rezultata

Rezultati su obradjeni Studentovim t-testom, a značajnim smo smatrali razlike srednjih vrednosti na nivou od $p<0,05$.

REZULTATI I DISKUSIJA

Naši rezultati pokazuju da u prvim satima posle zračenja gotovo kod svih enzima dolazi do porasta njihove aktivnosti u serumu (Sl. 1 i 2), što se može objasniti pojačanom permeabilnošću ćelijskih membrana ili njihovim oštećenjem i oslobadjanjem enzima u cirkulaciju. Ovo je u skladu s literaturnim podacima po kojima u prvih 24 h posle zračenja, kao rezultat oštećenja pojedinih organa dolazi do naglog porasta enzima u krvi (1, 2), kao i u pojedinim organima (3). Medjutim, u kasnijem postradijacionom toku (4. i 7. dan) evidentan je značajan pad aktivnosti u serumu svih posmatranih enzima. Treba istaći da je on najslabije izražen



Slika 2. Promene u aktivnosti LDH, AlP i CPK u serumu pacova 4 h, 1, 4 i 7 dana posle ozračenja

a - $p < 0,05$; b - $p < 0,01$; c - $p < 0,001$

kod CPK koje najviše ima u mišićnom tkivu. Ovo je razumljivo ako se ima u vidu osetljivost pojedinih organa prema jonizujućem zračenju. Poznato je da je mišićno tkivo relativno radiorezistentno, pa dobiveni rezultat ne iznenadjuje.

Istovremeno s padom aktivnosti enzima u serumu dolazi i do pada koncentracije serumskih proteina, pa pretpostavljamo da je smanjena sinteza proteina, uključujući i enzimatske makromolekule, odgovorna za ove promene u kasnijem postradijacionom toku.

Radioprotektor WR-2721 antagonizuje nastale promene u enzimatskoj aktivnosti, što se najbolje vidi 7-og dana posle ozračenja. Dok aktivnost enzima u serumu ozračenih kontrolnih životinja i dalje ostaje značajno snižena, u grupama štićenim WR-2721 uočavamo porast aktivnosti na kontrolni nivo. Inače, i sam WR-2721 može dovesti do promena u aktivnosti posmatranih enzima. Medjutim, te promene su prolaznog karaktera i retko kad dostižu stepen statističke značajnosti.

EFFICIENCY OF RADIOPROTECTOR WR-2721 AGAINST SOME RADIATION-INDUCED BIOCHEMICAL DISTURBANCES IN RATS

SUMMARY

The lethal dose of X-rays (8 Gy) significantly changed the serum activity of aminotransferases, lactate dehydrogenase, alkaline phosphatase and creatine phosphokinase in rats during 7 days after irradiation. There was a transitory increase in serum enzymes activity during the first hours after irradiation and significant decrease thereafter.
Radioprotector WR-2721 successfully antagonized these changes. In the protected animals the serum enzymes activity returned mostly to the control level on 7 day after irradiation.

LITERATURA

1. Alltman K.I., Gerber G.B., Okada S., Radiation biochemistry, I Cells, Academic Press, New York, 1970,247.

2. Todorov B., Damjanov B., Biohemični i ultrastrukturni izmenenija v``rhu černija drob na pl``hove pri težka forma ostra l``ševa bolest, Veterinarno-med. nauki, 22: 62-69, 1985.

3. Auda H., Rashid A.M., Khaleel A.H., Nasser M.J., Radiation-induced changes in liver and kidney alkaline phosphatase and esterase of mice., Radiat.Res., 111: 457-463, 1987.

XVI SIMPOZIJUM JUGOSLOVENSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

A. Milovanović, Silva Dobrić i Mirjana Cvetković

UTICAJ RADIOPROTEKTORA WR-2823 NA AKUTNU RADIJACIONU BOLEST SVINJA

Rezime

Posmatran je tok i ishod radijacione bolesti svinja koje su pre ozračenja tretirane radioprotektorom WR-2823. Ustanovljeno je da ovaj preparat značajno ublažava tok bolesti i vrlo povoljno utiče na preživljavanje životinja.

Uvod

Medju efikasne radioprotektore iz grupe derivata cisteamina ubraja se i WR-2823 sa strukturnom formulom:

$$H_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}NH\text{-}(CH_2)_2\text{-}S\text{-}P{=}O(OH)_2 \cdot H_2O$$

(1, 2, 3).

Preparat je oko dva puta toksičniji od WR-2721, a efikasan je u zaštiti od gama i neutronskog zračenja u miševa. Za gama-zrake DRF iznosi 2 (4). Stoga smo pristupili ispitivanju efikasnosti WR-2823 u zaštiti svinja ozračenih visokom letalnom dozom gama-zraka.

Materijal i metode

U eksperimentu su korišćene svinje, mužjaci, kastrati, rase "Landras", telesne mase 20 kg sa farme PKB "Surčin". Preparat WR-2823 je sintetisan u Institutu za NIR SBS Sarajevo (5). Rastvoren je u fiziološkom rastvoru i u dozi od 100 mg/kg, injiciran i.m. na 20 min pre ozračenja. Kontrolna grupa životinja je primila samo fiziološki rastvor. Sve životinje su ozračene dozom 350 cGy gama-zraka.

Životinje su posmatrane 60 dana posle ozračenja. Praćena je klinička slika akutne radijacione bolesti, smrtnost, u perifernoj krvi promene brojnih vrednosti eritrocita, retikulocita, trombocita, leukocita, kao i histomorfološke promene u isečcima tkiva uginulih i žrtvovanih životinja (srce, limfna žlezda, pluća, tanko crevo, jetra, slezina, bubreg).

Rezultati i diskusija

U toku perioda adaptacije na nove uslove smeštaja,kao i 60 dana posle ozračenja, životinje su svakodnevno posmatrane. Posebna pažnja je posvećena njihovom izgledu, ponašanju, konzumiranju hrane i vode, a naročito stanju kože

i vidljivih sluzokoža. U odredjenim vremenskim intervalima merena je telesna masa životinja i vršen hematološki pregled. Sve životinje uginule u toku posmatranja su obdukovane, a sve preživele su žrtvovane na kraju eksperimenta.

Tokom prve nedelje posle ozračenja nisu zapažene promene u životinja kontrolne i eksperimentalne grupe. Devetog dana posle ozračenja životinje kontrolne grupe su manje uzimale hranu, postale su tromije a u nekih su se na koži trbuha javili tačkasti krvni izlivi. Sledećeg dana ove promene su intenzivnije, a na koži ušiju se slivaju u veće plaže. Životinje ne uzimaju hranu u količinama kao ranije, ali vodu redovno piju. Njihova stolica postaje kašasta. Telesna težina se smanjuje. Sve životinje kontrolne grupe su uginule do šesnaestog dana posle ozračenja. Na autopsiji su ustanovljena mnogobrojna krvavljenja u potkožnom tkivu i organima. Limfne žlezde su hipertrofične.

Kod svinja koje su pre ozračenja sa 350 cGy primile WR-2823 prvi vidljivi znaci radijacionog oštećenja ustanovljeni su jedanaestog dana posle ozračenja u vidu pojedinačnih tačkastih krvnih izliva u koži trbuha. Sledećih dana ovim promenama su zahvaćeni i ostali delovi kože, ali su životinje bile živahne; normalno su uzimale hranu i vodu. Kod jedne životinje iz ove grupe narednih dana krvavljenja u koži su sve izraženija, a iz nosnih otvora se cedi sluzavo-krvavi sadržaj. Ova životinja je uginula četrnaestog postradijacionog dana, i to je bila jedina iz ove grupe kod koje se akutna radijaciona bolest završila letalno. Sve druge su preživele (Tabela 1.).

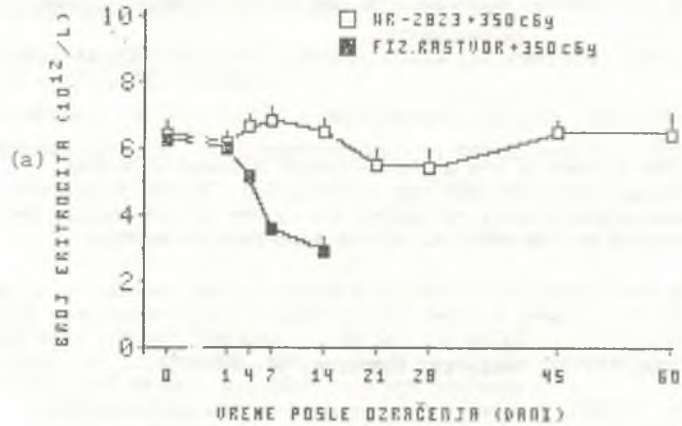
Tabela 1. - Letalitet ozračenih životinja

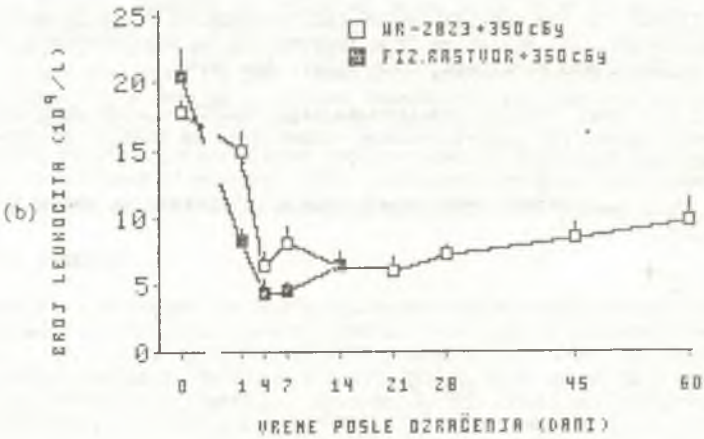
Grupa	Broj životinja	Mrtve/Žive	% preživelih (60 dana)
Fiz.rastvor + 350 cGy	6	6/0	0
WR-2823* + 350 cGy	6	1/5	84

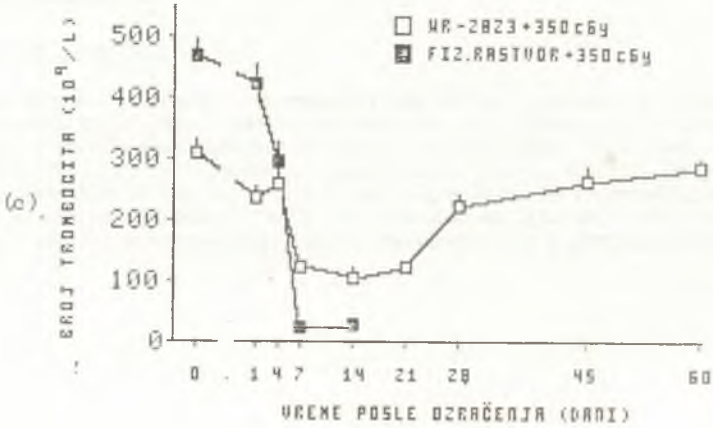
*100 mg/kg i.m. na 20 min pre ozračenja.

Očigledno je da WR-2823 ima visoko signifikantno zaštitno delovanje ($P < 0.01$) u životinja ozračenih apsolutno letalnom dozom gama-zraka. Njegova primena olkšava tok akutne radijacione bolesti i veoma povoljno utiče na njen ishod. Taj uticaj se može videti i iz dinamike broja eritrocita, leukocita i trombocita u perifernoj krvi životinja (Sl. a, b, c).

U životinja pretretiranih sa WR-2823 broj eritrocita je neznatno sniženo dok je u kontrolnih svinja krajem druge nedelje posle ozračenja oko 50% kontrolne vrednosti. Kod štićenih životinja broj trombocita krajem prve, druge i treće nedelje posle ozračenja je oko 100.000, dok je kod kontrolnih na veoma niskim vrednostima. Sniženje broja leukocita u prvim danima posle ozračenja kod svinja koje su primile WR-2823 je značajno manje nego kod kontrolnih životinja.


(a)
BROJ ERITROCITA (10^{12}/L)
10
8
6
4
2
0
WR-2823+350cGy
FIZ.RASTVOR+350cGy
0
1 4 7
14
21
28
45
60
VREME POSLE OZRAČENJA (DANI)


(b)
BROJ LEUKOCITA (10^9/L)
25
20
15
10
5
0
WR-2823+350cGy
FIZ.RASTVOR+350cGy
0
1 4 7
14
21
28
45
60
VREME POSLE OZRAČENJA (DANI)


(c)
BROJ TROMBOCITA (10^9/L)
500
400
300
200
100
0
WR-2823+350cGy
FIZ.RASTVOR+350cGy
0
1 4 7
14
21
28
45
60
VREME POSLE OZRAČENJA (DANI)

THE INFLUENCE OF RADIOPROTECTOR WR-2823 ON THE ACUTE RADIATION DISEASE IN THE SWINE

Summary

The course and the outcome of the acute radiation disease in swines treated with radioprotector WR-2823 was investigated. It was established that this compound significantly mitigated the course of the disease and favourably influenced on the survival of the experimental animals.

LITERATURA

1. Juhas, J. i sar. (1973). Radiation Research, 54, 222-233.

2. Sweenley, R.T. (1979). A survey of compound from the antiradiation drug development program of the U.S.Army medical research am development command. Walter Reed Army Institute of Research, Washington.

3. 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.

4. Milovanović A. i sar. (1987). Zaštitno dejstvo WR-2823 u ozračenih miševa. Zbornik radova XIV Jugoslovenskog simpozijuma za zaštitu od zračenja, Novi Sad, 234-237.

5. Ćosić Milinka i sar. (1986). Hemijska sredstva za zaštitu od zračenja. VTI 06-24-277.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

UTICAJ NEKIH RADIOPROTEKTIVNIH SUPSTANCIJA NA EFIKASNOST WR-2721 U ZAŠTITI PACOVA OD JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

S.R. Milovanović, Silva Dobrić, A. Milovanović, Mirjana Cvetković

Vojnotehnički institut, Medicinsko odeljenje, Katanićeva 15, 11000 Beograd

REZIME

Ispitana je efikasnost radioprotektora WR-2721 u kombinaciji sa selenom (Se), superoksid dismutazom (SOD) i nikardipinom (Nik) u zaštiti pacova od supraletalnog X-zračenja (12 Gy). Pokazano je da Se (1.6 mg/kg i.p., 24 h pre zračenja) i Nik (1 mg/kg i.p., neposredno pre zračenja) poboljšavaju radioprotektivnu efikasnost WR-2721 (300 mg/kg i.p., 20 minuta pre zračenja).

UVOD

Aminotiol WR-2721 (gammafos ili etiofos) jedan je od najefikasnijih radioprotektora sintetisanih i ispitanih do danas (1-3). Poput drugih sulfihidrilnih jedinjenja, najveći dozno redukcioni faktor postiže primenom visokih doza, koje dovode do niza neželjenih ili čak i toksičnih efekata (3). Stoga se u cilju poboljšanja efikasnosti i smanjenja njihove toksičnosti već dugi niz godina ispituju različite kombinacije radioprotektivnih supstancija (3, 4).

U ovom radu ispitana je efikasnost radioprotektora WR-2721 u kombinaciji sa selenom (Se), superoksid dismutazom (SOD) i antagonistom kalcijuma nikardipinom (Nik) u zaštiti pacova od supraletalne doze jonizujućeg zračenja.

MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su sprovedena na Wistar pacovima muškog pola, telesne težine od 200 do 250 grama. Životinje su ozračene tvrdim X-zrakama na linearnom akceleratoru energije 8 eV, u dozi od 12 Gy. WR-2721 primenjen je u dozi od 300 mg/kg i.p., 20 minuta pre zračenja. Natrijum selenit ($NaSeO_3 \cdot H_2O$) davan je u dozi od 1,6 mg/kg i.p. 24 časa pre zračenja, liposomalna SOD u dozi od 1,5 mg/kg i.p., 2 časa pre zračenja, a nikardipin 1 mg/kg ili 10 mg/kg takodje je injiciran i.p. ali neposredno pre zračenja. Sve ispitivane supstancije rastvarane su u fiziološkom rastvoru, osim nikardipina koji je rastvaran u 10%-nom etanolu. U toku 30 dana posle zračenja praćeno je preživljavanje, promena telesne težine i opšti status ozračenih životinja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Selen je element neophodan za normalno funkcionisanje glutation peroksidaze, jednog od enzima koji ulazi u sastav antioksidativnog sistema i kao takav može per se ispoljiti odredjen radioprotektivni efekt, te poboljšati efikasnost radioprotektora WR-2721, kao što je i pokazano u ispitivanju miševa (5). SOD je jedan od ključnih antioksidativnih enzima, i u tom smislu pokušano je s njenom primenom u prevenciji akutne radijacione bolesti (3). Ima nagoveštaja da su neki kalcijumski antagonisti uspešni u sprečavanju lipidne peroksidacije i gomilanja kalcijuma unutar

ćelija nakon oštećenja ćelijskih membrana (6), pretpostavili smo da bi isti efekt mogli ispoljiti u slučaju zračenjem indukovane toksičnosti kiseoničkih radikala.

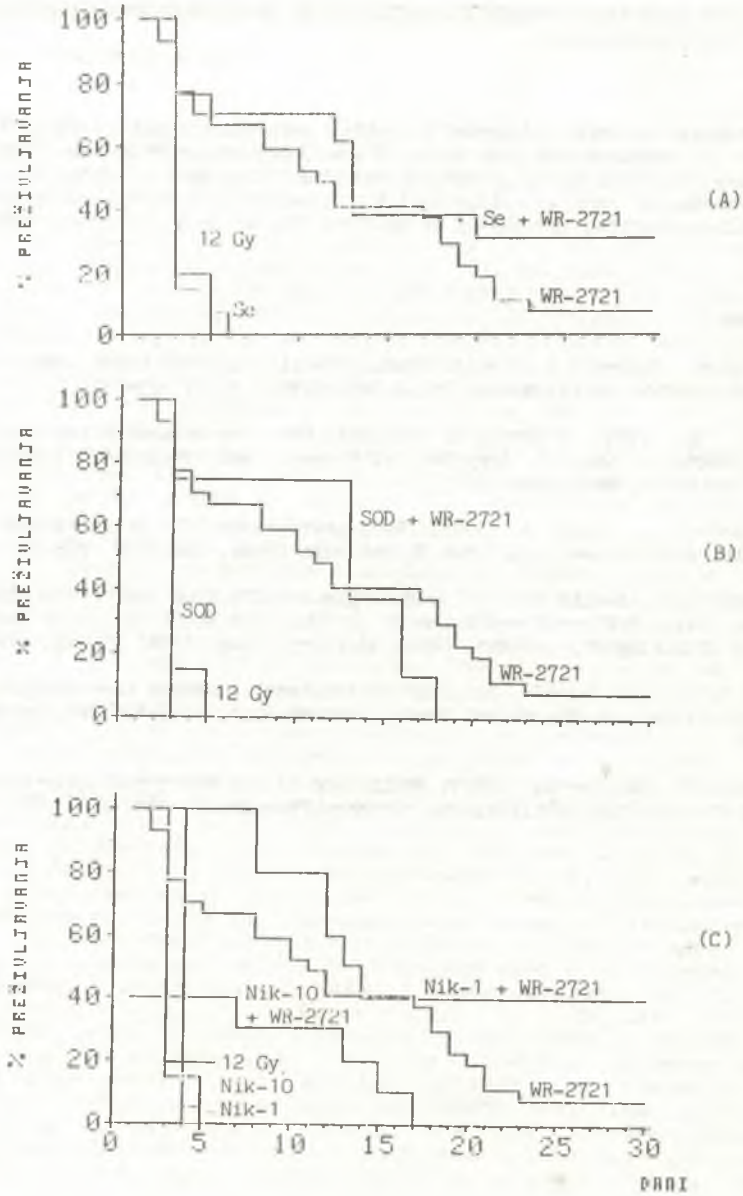
Naša istraživanja pokazuju da iako neefikasan ako se primeni sam, Se može znatno poboljšati efikasnost radioprotektora WR-2721 u zaštiti životinja od supraletalnog X-zračenja, premda se srednje vreme preživljavanja bitnije ne menja (Tabela 1 i Slika 1).

Tabela 1. Uticaj selena (Se), superoksid dismutaze (SOD) i nikardipina (Nik) na radioprotektivnu efikasnost WR-2721 u pacova ozračenih letalnom dozom X-zraka (12 Gy)

Tretman*	Preživljavanje 30-og dana (živi/mrtvi)	% preživljavanja	Srednje vreme preživljavanja (dani)
Kontrola	0/14	0	3,2
WR-2721	2/25	7,4	12,5
Se	0/15	0	3,5
Se + WR-2721	4/9	30,8	15,8
SOD	0/10	0	3
SOD + WR-2721	0/10	0	11,9
Nik-10	0/10	0	4
Nik + WR-2721	0/10	0	5,8
Nik-1	0/20	0	4,1
Nik + WR-2721	4/6	40	18,5

*WR-2721: 300 mg/kg i.p., 20 minuta pre zračenja; Se: 1,6 mg/kg i.p., 24 h pre zračenja; SOD: 1,5 mg/kg i.p., 2 h pre zračenja; Nik-10: 10 mg/kg i.p., neposredno pre zračenja; Nik-1:1 mg/kg i.p., neposredno pre zračenja

Viša doza nikardipina u kombinaciji sa WR-2721 dovela je do značajnog potenciranja toksičnosti radioprotektora, tako da je srednje vreme preživljavanja u primeni kombinacije smanjeno za 50% u odnosu na sam radioprotektor (Tabela 1), a 60% tretiranih životinja uginulo je u toku 24 časa od aplikacije lekova (Slika 1). Mehanizam ove interakcije još nije razjašnjen. Medjutim, kada je kalcijumski antagonist primenjen u nižoj dozi došlo je do izrazitog poboljšanja efikasnosti radioprotektora WR-2721, što se vidi po porastu procenta preživljavanja i srednjeg vremena preživljavanja (Tabela 1 i Slika 1). Neočekivano, najslabiji rezultat postignut je primenom liposomalne SOD. Mogući razlozi za ovo su ili neadekvatna doza enzima, ili možda neoptimalan vremenski interval primene ovog jedinjenja u odnosu na vreme zračenja i aplikaciju WR-2721. Trenutno su u toku eksperimenti kojima će se pokušati da rasvetli ovaj problem. U zaključku možemo reći da Se i kalcijumski antagonist nikardipin mogu biti od koristi kao adjuvansi poznatim radioprotektorima u smislu poboljšanja njihove efikasnosti.



Slika 1. Kriva preživljavanja pacova ozračenih letalnom dozom X-zraka (12 Gy) i štićenih kombinacijom WR-2721 i Se (A), SOD (B) i nikardipina (C)

INFLUENCE OF SOME RADIOPROTECTIVE SUBSTANCES ON EFFICIENCY OF RADIOPROTECTOR WR-2721 IN IRRADIATED RATS

SUMMARY

Radioprotection of rats, subjected to lethal radiation injury (X-rays; 12 Gy), by WR-2721 in combinations with selenium (Se), superoxide dismutase (SOD) and nicardipine (Nic) was investigated. It was found that Se (1,6 mg/kg i.p., 24 hr before irradiation) and Nic (1 mg/kg i.p., immediately before irradiation) improved radioprotective efficiency of WR-2721 (300 mg/kg i.p., 20 min before irradiation).

LITERATURA

1. Yuhas J.M., Storer J.B. (1969). Chemoprotection against three modes of radiation death in the mouse, Int.J.Radiat.Biol., 15: 233-237.

2. Sweney T.R. (1979). A survey of compounds from the antiradiation drug development program of the U.S. Army Medical Research and Development Command, Walter Reed Institute, Washington DC.

3. Giambarresi L., Jacobs A. (1987). Radioprotectants. In: Military radiobiology (Conklin J.J., Walker R.I., eds.), Academic Press, New York, 265-401.

4. Sztanyik L.B., Santha A. (1976). Synergistic effect of radioprotective substances having different mechanism of action., In: Modification of radiosensitivity of biological systems, Proc. Advisory Group, IAEA, Vienna, 47-59.

5. Weiss J.F. i sar. (1987). Selenium pretreatment enhances the radioprotective effect and reduces the lethal toxicity of WR-2721, Free Rad.Res.Comms., 3: 33-38.

6. Engineer F., Sridhar R. (1989). Inhibition of rat heart and liver microsomal lipid peroxidation by nifedipine, Biochem.Pharmacol., 38: 1279-1285.

PRIKAZ SLUČAJA UNAŠANJA URANOVOG OKSIDA U ORGANIZAM UDISANJEM

Nikolić R.
Zdravstveni dom Škofja Loka

Uran - 238,teški metal i zadnji u nizu prirodnih elemenata,zbog veoma dugog vremena poluraspada (4,51 x 10^9 godina),pri unašanju u organizam važniji je kao otrov nego kao izvor zračenja,mada se kod vezivanja veće količine urana pri hronićnom trovanju ni to ne sme zanemariti.Osim profesionalnih,druga trovanja uranom praktično su nemoguća.
O metabolizmu urana u organizmu još uvek se malo zna.Prema podacima iz literature,od unešene količine urana 0,5 - 5% se veže,ostalo se izluči preko bubrega i s fecesom.Najveći deo zadržanog urana veže se za kosti,a zatim za pluća,jetru i srce,za ostale organe i tkiva bitno manje.Unašanje urana vrši se najčešće preko organa za varenje i uglavnom je hronično(napr.kod rudara sa slabim higijenskim navikama,prilikom unašanja hrane ili pušenju,bez predhodnog temeljnog pranja ruku),akutno unašanje dosta je ređe a još je ređe unašanje preko pluća;i statistička verovatnoća je manja zbog malog broja ljudi,koji dolaze u kontakt s takvim oblikom urana,ali i zbog nihovog poznavanja problema i dobre tehničke opremljenosti.Ipak,ukoliko dođe do unašanja preko pluća,po pravilu su to akutna trovanja koja zahtevaju pravilnu i pravovremenu intervenciju.
U rudniku urana Žirovski vrh kod Škofje Loke,u proizvodnom pogonu u tzv.zoni A (prostor za sušenje i pakovanje "žutog kolača"),gde je pristup strogo zabranjen svima koji nisu tu zapošljeni i propisno za to opremljeni,2.3.1990.došlo je do akcidentalnog unašanja uranovog oksida u organizam radnika M.O.preko pluća.Negde između 7.oo i 7.3o h već posle 2-3 min rada radnik je osetio "metalni"ukus u ustima,zbog toga je izašao iz radnog prostora,isprao usta vodom i ispljunuo,uzeo drugu masku s ispravnim ventilom jer je uočio da je kod predhodne isti bio pokvaren,i nastavio s radom.Poslovođu je obavestio tek u 11.oo bojeći se odgovornosti što predhodno nije proverio ispravnost maske.U Zdravstveni dom je dovezen u 12.oo h,bez ikakvih subjektivnih smetnji i s normalnim fizikalnim nalazom;laboratorijski pregled u tom trenutku je bio nesvrsishodan i nije rađen.Uzimajući u obzir činjenicu da je uranov oksid (U3O8)veoma fini respirabilni prah,kao i to da je aktivna površina pluća velika i izvanredno vaskularizovana,cilj intervencije je bio u prvom redu da se spreči vezivanje urana za tkiva,odnosno da se uran što pre eliminiše iz organizma.Uran je parenhimatozni otrov i izrazito je nefrotoksičan,međutim,obzirom na zdravstveno stanje radnika,koji je inače pod redovnom kontrolom zbog specifičnosti radnog mesta,i vremena proteklog od unašanja urana,odlučeno je da radnik dobije furosemid (Lasix) i da se svakih 3 - 5 sati kontroliše koncentracija urana u urinu,a da se s eventualnom primenom helata Na2CaEDTA može još sačekati,kao i s Fluimukanom,koji je pored poznatog ekspektorantnog delovanja i solidan antidot kod trovanja teškim metalima.Mada naručeno,sakupljanje celokupne količine urina zbog kvantitativnog određivanja izlučenog urana nije izvršeno.Obzirom na jako diuretično delovanje Lasix-a i popivenu veliku količinu vode,nije bilo teško pratiti koncentraciju urana u urinu.Vrednosti su bile sledeće:

2.3.	13.30 h	163	mikrograma U3O8 /L urina
	18.30 h	435	" "
	19.30 h	320	" "
	23.30 h	260	" "
3.3.	00.30 h	340	" "
	05.30 h	420	" "
	09.30 h	93	" "
	11.30 h	110	" "
	13.30 h	83	" "
	16.30 h	< 10	" "

Sve kasnije kontrole dale su vrednosti koje su bile manje od 10 mikrograma na litar.Ovde treba naglasiti da su kriterijumi za ocenjivanje dozvoljenih koncentracija urana u urinu u RUZV stroži od preporučenih kriterijuma od strane međunarodnih organizacija WHO,ICRP, IAEA)tako da se računaju koncentracije uranovog oksida a ne čistog urana,a mere se obavezno sledećeg dana posle rada u zoni A kod svih radnika koji su tamo radili.Do 10 mikrograma na L urina računa se da je nalaz normalan,kod 30 mikrograma je povećana opreznost i vrši se ponovna kontrola a kod 50 mikrograma radnik se privremeno isključuje iz radnog procesa,traži se razlog povećanja koncentracije urana s ciljem sanacije radnog mesta a radnik se šalje na dodatni pregled.
Po dogovoru s UKC u Ljubljani (Center za zastrupitve),10 dana posle incidenta radnik M.O.je bio hospitalizovan nedelju dana zbog utvrdivanja eventualnih posledica unašanja urana.Obavljeni su brojni pregledi(klinički,EKG,rentgenski,funkcionalni,laboratorijski...)i svi rezultati su bili praktično normalni.Na rtg slici pluća bila je vidljiva manja nejasna mrljasta senka,za koju se ne isključuje mogućnost da je artefakt,a koja se na sledećem pregledu više nije videla.Opisane minimalne nespecifične smetnje repolarizacije,koje su bile primećene na EKG-u,bile su prisutne i pre a i posle događaja i ne mogu se smatrati posledicom istog.Minimalno povećanje AST(1.09)i CK 2.20),kao i tek naznačena proteinurija(0.07-0,23 u 24-časovnom urinu),takođe su već pri sledećem pregledu bili normalni.
Odmah po hospitalizaciji je bio izvršen i pregled hromozoma,u Laboratoriju za mutagenezu Instituta za medicinu rada i medicinska istraživanja JAZU u Zagrebu.Rezultat pregleda je bio patološki(lomovi, tetraploidija,mikronukleusi).Dodatni pregled koncentracije urana u krvi i u kosi nije obavljen jer radnik M.O.nije došao iako je bilo dogovoreno s njim,s Službom zaštite na radu i stručnom službom iz Instituta "Jožef Stefan"iz Ljubljane;bez ikakvog predhodnog obaveštenja nije se pojavio na pregledu.Takođe ni ponovna kontrola hromozoma do danas još nije obavljena(predviđena je u istom Institutu koji je obavio i prvi pregled);nekoliko puta je odgođena od strane samog radnika,navodno zbog raznih prehladnih stanja u vreme naručenih kontrola(inače u vezi s celim slučajem radnik ima određene odštetne zahteve i nije previše zainteresovan da bi se utvrdilo eventualno normalno stanje).Predviđa se da će nalaz stanja hromozoma biti normalan.

Diskusija

Do trovanja uranom dolazi retko i skoro isključivo u vezi s radom u rudnicima urana i proizvodnim pogonima pri sušenju i pakovanju tzv."žutog kolača",ustvari uranovog oksida u vidu veoma finog praha.Nije isključeno ni hronično unašanje malih količina urana iz pepela uranom bogatog uglja,ukoliko su odlagališta većih potrošača

nezaštićena,ali je sve to u domenu teorijskih spekulacija.Uran je pre svega parenhimatozni otrov i izrazito je nefrotoksičan.Ima takođe sklonost kumuliranja u organe i tkiva,naročito u kosti ali i u pluća,jetru i srce.Cilj intervencije je u prvom redu da se spreči vezivanje urana za tkiva,a to se najlakše postiže povećanom diurezom,"ispiranjem"uz korišćenje salidiuretika i velike količine vode.Ukoliko intervencija nije bila pravovremena pa dođe do zadržavanja i vezivanja urana,sledeća faza zahteva mnogo više opreza i zahteva obaveznu hospitalizaciju zbog mogućeg oštećenja tkiva,a izvodi se uz korišćenje helata,najčešće Na2CaEDTA,zatim Fluimukana,event.i drugih,uz redovnu kontrolu svih organskih sistema;upotreba helata izaziva i dodatnu opasnost zbog uticaja na metabolizam minerala.U okviru redovnih rutinskih kontrola kod unašanja urana u organizam neophodno je kontrolisati stanje hromozoma!Takođe je potrebno,bar u toku prvih nekoliko dana kontrolisati dinamiku eliminacije urana preko bubrega merenjem koncentracije urana u urinu.

U našem konkretnom slučaju opisani pristup dao je pozitivan rezultat.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
NEUM, 28-31.05. 1991.

UTICAJ HELATA NA IZLUČIVANJE OLOVA-210 U SLUČAJEVIMA HRONIČNOG TROVANJA OLOVOM

Novak Lj., Knežević I.

UKC, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović", Beograd, Deligradska 29.

K r a t a k s a d r ž a j:

Ispitivan je uticaj helata EDTA na izlučivanje Pb-210 u urinu radnika kod kojih je vršena mobilizacija običnog olova iz depoa u telu. Rezultati pokazuju da EDTA mobiliše očigledno prisustvo i olovo-210, snažno povećavajući njegovo izlučivanje od 41,5 ± 35,2 mBq/l jedan dan pre do 193,2 ± 154,1 mBq/l jedan dan posle primene helata.

Uvod

Olovo-210, radioaktivni član uranovog niza, jedan je od četiri radioaktivna izotopa olova koji može da se nadje i u običnom olovu. U živim organizmima obe forme nalaze se zajedno i imaju isti biološki tok (1).

Za prevenciju i tretman intoksikacije olovom koriste se agensi koji imaju osobinu da vezuju jone teških metala pa tako i olova gradeći stabilne i netoksične komplekse koji ubrzavaju izlučivanje metala ne menjajući njegov metabolizam (2). Za ove svrhe pacijentima se najčešće daje etilendiaminotetrasirćetna kiselina (EDTA).

Materijal i metoda

Stabilno olovo, koje sadrži različite koncentracije radioaktivnog olova, može se smatrati jednim od značajnih izvora Pb-210 u profesionalnoj ekspoziciji. Zbog toga smo vršili ispitivanja koncentracija olova-210 u urinu radnika koji su po prirodi posla bili izloženi dejstvu znatnih količina običnog olova. Kod ovih lica vršena je mobilizacija običnog olova iz depoa a mi smo kvantitativno odredjivali olovo-210 u uzorcima urina koji su sakupljeni 3-5 dana posle tretmana pacijenata helatom EDTA.

Alikvot 24-časovnog urina mineralizovan je azotnom kiselinom na temperaturi od oko 100°C a polonijum izdvojen iz rastvora spontanom depozicijom na srebru. Drugom depozicijom, izvršenom posle 90 dana, izdvojen je polonijum koji je nastao raspadom olova-210 u rastvoru. Koncentracije olova-210 u uzorku izračunata je na osnovu koncentracije polonijuma-210 posle druge depozicije (3).

Rezultati i diskusija:

U tabeli 1. su date srednje vrednosti Pb-210 ukupnog broja uzoraka po danima. Nultog dana, pre tretmana sa EDTA, specifična aktivnost izlučenog Pb-210 iznosi 41,5 ± 35,2 mBq/l. Prvog dana posle tretmana, uočava se nagli porast specifične aktivnosti Pb-210 na 193,2 ± 154,1 mBq/l. Drugog, trećeg i petog dana posle tretmana, opada specifična aktivnost Pb-210 na 129,2 ± 98,4 mBq/l, 126,8 ± 99,6 mBq/l, 122,1±78,9 mBq/l. Četvrtog dana se opaža blagi porast na 139,1 ± 122,6 mBq/l. Specifična aktivnost Pb-210 ukupnog broja uzoraka u funkciji od nultog do petog dana, prikazana je na Slici 1. (legenda □). Ukupan broj pacijenata, kod kojih je radjeno Pb-210, je pedesetpet. Medjutim ovaj uzorak je nehomogen po danima, tj. kod odredjenih pacijenata nemamo sve podatke od nultog do petog dana. Zato smo obrazovali dve grupe, prvu od devet pacijenata koji su imali sve podatke od nultog do četvrtog dana i drugu grupu od deset pacijenata, koji su imali sve podatke od prvog do petog dana. Njihovi rezultati su dati u Tabeli 2. Pomoću ovih rezultata dobijeni su pomoćni grafici (legenda ◇ , +)na slici 1. Njihova zavisnost se poklapa sa grafikom(legenda □) ukupnog broja uzoraka po danima, u granicama standardne devijacije.Ovo poklapanje nam dozvoljava da tvrdimo, da specifična aktivnost Pb-210 u funkciji od dana izlučivanja ima prikazanu zavisnost.

Zaključak:

Kod lica profesionalno izloženih stabilnom olovu nalazi se i izvestan depo radioaktivnog olova, što su pokazali rezultati naših ispitivanja. Najveće izlučivanje olova-210 je zapaženo prvog dana posle primene helata EDTA.

TABELA 1.

Srednje vrednosti Pb-210 ukupnog broja uzoraka po danima

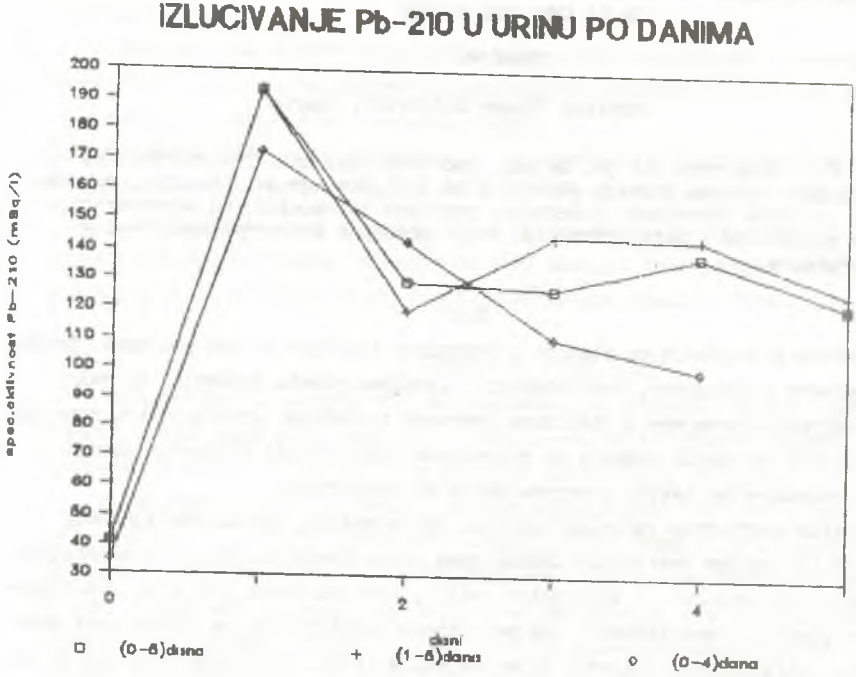
Dani	Broj uzoraka	AS ± σ (n-1)
0	21	41.5 ± 35,2
1	49	193.2 ± 154.1
2	49	129.2 ± 98.4
3	51	126.8 ± 99.6
4	43	139.1 ± 122.6
5	31	122.1 ± 78.9

TABELA 2.

Srednja vrednost Pb-210 homogenog uzorka po danima

Dani	AS9 ± σ (n-1)	AS10 ± σ (n-1)
0	35.0 ± 16.3	
1	172.5 ± 94,6	193.4 ± 109.0
2	143.0 ± 111.1	119.4 ± 55.4
3	110.7 ± 64.8	144.7 ± 61.2
4	100.2 ± 75.5	144.5 ± 111.6
5	-	126.2 ± 65.3

SLIKA 1.



Literatura

1. Z. Jaworowski: Radioactive lead in the Environment and in the Human Body; "Atomic Energy Revew", Vol.VII,No 1,1969, IAEA, Vienna.
2. N. Castellino: Kinetics of Lead Metabolism and Action of Chelating Agents; Procc. of a Meeting "The Biology and Ecology of Polonium and Radiolead", 30th April-1 st. May 1970, Sutton, England.
3. S.C.Block: Low Level Polonium and Radiolead Analysis, Health Phys., Vol. 7. pp. 87-91 (1961).

Abstract

THE EFFECT OF A CHELATING AGENT ON THE LEAD-210 EXCRETION IN WORKERS CHRONICALLY INTOXICATED WITH ORDINARY LEAD

Novak Lj., Knežević I.

UKC Institut of Occupational and Radiological Health "Dr Dragomir Karajović, Belgrade, Deligradska 29

Effects of EDTA on the Pb-210 excretion in the urine were examined in workers treated with the chelant which was supposed to mobilize and remove ordinary lead from the body. The results show that EDTA mobilizes also lead-210 evidently present into the body, increasing its excretion strongly from 41,4±35,2 mBq/l one day before to 193,2±154,1 mBq/l one day after administration.

MOLEKULARNI MEHANIZMI ODGOVORNI ZA POVEĆANU OTPORNOST OZRAČENIH ANIMALNIH STANICA NA KEMIJSKE AGENSE

OSMAK M.

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

SAŽETAK: Cilj ovog rada bio je, da ispitamo zbog čega animalne stanice zračene opetovano gama zrakama postaju otpornije na kemijske agense. Rezultati su pokazali, da je uzrok otpornosti višestruk: povećana intracelularna koncentracija molekula glutationa i metalotioneina, kao i povećana aktivnost membranskog P-glikoproteina.

UVOD

Djelovanje zračenja na stanice i organizme ispituje se već godinama. Brojni radovi govore o mutagenom, karcinogenom i letalnom efektu zračenja. No malo radova istražuje promjene u stanicama izazvane zračenjem, koje uzrokuju promjenu osjetljivosti ozračenih stanica na sekundarne kemijske ili fizikalne agense (1-5). O mehanizmima takvih promjena znade se veoma malo.

U našim prethodnim radovima iznijeli smo opažanja, da stanice kineskog hrčka V79 izlaganjem opetovanim dozama gama zraka postaju otporne na N-metil-N--nitro-N-nitrozogvanidin i vinkristin sulfat, postaju osjetljivije na cis-diklorodiamin platinu i metotreksat, dok se njihova osjetljivost na akutne doze gama zraka ili ultravioletno svijetlo nije izmjenila (6-8). Cilj ovog rada bio je, da se upoznaju molekularni mehanizmi uslijed kojih ozračene stanice postaju otpornije na kemijske agense.

MATERIJALI I METODE

Eksperimenti su rađeni na stanicama kisenskog hrčka V79. Ove stanice rastu kao jednoslojna kultura u Eagle-ovom mediju obogaćenom sa 10 % telećeg seruma. Stanice su bile zračene gama zrakama 5 puta tjedno dnevnom dozom od 0.3 Gy tokom 12 tjedana (6). Kada su stanice akumulirale ukupnu dozu od 18 Gy (stanice V 1800), ispitana je njihova osjetljivost na kadmijev klorid ($CdCl_2$) i na vinkristin sulfat (VCR), sa ili bez prisustva verapamila . U tu svrhu stanice su bile tretirane sa različitim koncentracijama $CdCl_2$ ili VCR tokom jednog sata u mediju bez seruma. Nakon toga stanice su isprane i inkubirane 7-10 dana, kada su izrasle kolonije obojene i izbrojene. U ozračenim stanicama određen je i sadržaj glutationa Tietzeovom spektrofotometrijskom metodom (9). Svaki pokus napravljen je barem dva puta. U statističkoj obradi podataka korišten je Studentov t-test. Razlike su utvrđene kao statistički značajne, ako je $P \leq 0.05$.

REZULTATI

Prethodno ozračivanje stanica kineskog hrčka V79 promjenilo je njihovu osjetljivost na kadmijev klorid (Tabela 1). Za sve ispitane koncentracije ovog

spoja, prethodno zračene stanice V1800 pokazivale su statistički značajan porast otpornosti.

Zbog zračenja, koncentracija glutationa (GSH) u stanicama se povećala: dvadeset četiri sata nakon zadnje doze zračenja koncentracija GSH bila je dva puta veća nego li u kontrolnim stanicama (Tabela 2).

Ozračene V1800 stanice postale su otporne na djelovanje vinkristin sulfata. Povećana otpornost na VCR opažena je i 16 dana nakon zračenja. Dodatak verapamila (u koncentraciji od 10 µg/ml, koja nije toksična za stanice, niti utječe na osjetljivost kontrolnih stanica na VCR) smanjio je otpornost ozračenih V1800 stanica na VCR na razinu, koju pokazuju kontrolne stanice (Tabela 3).

DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Naša prethodna istraživanja su pokazala, da animalne stanice izlagane opetovanim dozama gama zraka mjenjaju osjetljivost na sekundarni tretman kemijskim agensima. U ovom radu željeli smo upoznati uzroke toga fenomena.

Molekularni mehanizmi kojima stanice mogu postati otporne na kemijske agense brojni su i različiti (pregledni članak, 10). Upoznati su u istraživanja u kojima su stanice in vitro bile izlagane sve većim dozama nekog kemijskog agensa. Mi smo u ovom radu pokazali, da isti mehanizmi djeluju i u ozračenim stanicama. Direktno smo izmjerili da se uslijed zračenja povećala koncentracija zaštitnih molekula (glutationa) u stanicama (Tabela 2). Također, indirektno smo pokazali, da je u ozračenim stanicama povećana i koncentracija proteinskih sulfhidrilnih molekula-metalotioneina. Stanice koje imaju povećanu razinu metalotioneina postaju otpornije na kadmijev klorid, kao što su pokazali i naši rezultati. Ozračene stanice otporne su na djelovanje vinkristin fulfata. Budući da dodatak verapamila (verapamil se kompetitivno veže na P-glikoprotein i time smanjuje "izlaz" kemijske supstance iz stanica, 10), dokida otpornost na VCR, možemo zaključiti, da povećanu otpornost ozračenih stanica na kemijske agense uzrokuje i povećana aktivnost membranskog P-glikoproteina.

Na temelju prikazanih rezultata možemo zaključiti, da su molekularni mehanizmi kojima stanice postaju otpornije na kemijske agense višestruki: povećana koncentracija zaštitnih molekula glutationa i metalotioneina, kao i povećana aktivnost membranskog P-glikoproteina.

SUMMARY: The aim of this study was to elucidate the mechanisms by which the animal cells irradiated with multiple doses of gamma rays acquire resistance to chemical agents. The results show that the mechanisms of resistance are multifactoral involving the increase of glutathione and metallothioneins levels, as well as the increase in the activity of plasma membrane P-glycoprotein.

ZAHVALA: Zahvaljujem gdi Lj. Krajcar na izvanrednoj tehničkoj pomoći.

Tabela 1. Preživljenje prethodno zračenih (V1800) i kontrolnih stanica nakon djelovanja kadmijevog klorida

Koncentracija (μM)	Preživljenje stanica (%)	
	V1800	kontrola
25	75.71 ± 6.35*	53.47 ± 6.59
50	50.52 ± 3.44*	20.11 ± 4.48
75	28.68 ± 5.34*	4.79 ± 1.40
100	16.02 ± 4.79*	1.050± 0.42

Tabela 2. Intracelularna koncentracija glutationa u prethodno zračenim V1800 i kontrolnim stanicama

Stanice	Koncentracija GSH $X10^{-6}$ nmol/stanica	Omjer GSH $\frac{V1800}{kontrola}$
Kontrolne	2.96 ± 0.37	-
V1800	5.90 ± 1.06*	2.0

Tabela 3. Preživljenje kontrolnih i prethodno zračenih V1800 stanica nakon djelovanja vinkristin sulfata

Koncentracija (μM)	Preživljenje stanica (%)		
	V1800	+ verapamil	kontrola
1	65.77 ± 1.05*	48.20 ± 1.02	47.54 ± 4.43
3	25.80 ± 4.96*	12.91 ± 1.52	14.66 ± 0.07
5	9.31 ± 1.19*	3.68 ± 0.38	4.10 ± 1.47
7	3.74 ± 0.40*	0.92 ± 0.26	0.73 ± 0.46

* označava statistički značajne razlike.

LITERATURA

1. Frank J.P. i Williams J.R., Science 216:307-308, 1982.
2. Tuschl H. i sur., Health Phys. 45:1-7, 1983.
3. Olivieri G. i sur., Science 223:594-597, 1984.
4. Hopwood L.E. i Moulder J.E., Radiat. Res. 120:251-266, 1989.
5. Osmak M. i Petrović S., Int. J. Radiat. Onçol. Biol. Phys. 16:1537-1541, 1989.
6. Osmak M., Radiat. Res. 115:609-616, 1988.
7. Osmak M., Radiol Iugosl. 22:177-180, 1988.
8. Osmak M. i sur., Radiol. Iugosl. 24:71-74, 1990.
9. Tietze F., Analyt. Biochem. 27:502-522, 1969.
10. Osmak M., Radiol. Iugosl. 24:65-70, 1990.

MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA MEDICINSKIH TESTOVA ZA PROCENU PATOLOŠKIH EFEKATA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U NORMALNIM I VANREDNIM SITUACIJAMA

Stojanović D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Za razmatranje i zauzimanje pojedinih stavova u dijagnostici radijacionih oštećenja moguće je koristiti saznanja iz oblasti eksperimentalne radiobiologije sa odgovarajućim faktorima ekstrapolacije, kao i rezultate iz humane prakse u domenu epidemioloških studija uključujući stečena iskustva u okviru zbrinjavanja radijacionih akcidenata.

Osnovna saznanja i stavovi svode se i na sledeće konstatacije:

- Najodgovorniji sistemi za reaktivnost organizma na zračenje su hematopoezni i simpato-adrenalni sistem.
- Promene u pojedinim fiziološkim radioosetljivim sistemima pod dejstvom jonizujućih zračenja, uglavnom, nisu specifične i karakteristične.
- U praksi se najlakše utvrdjuju hematološke varijacije i promene na koži i organu vida.
- U uslovima izlaganja niskim dozama dominiraju individualne razlike u radioosetljivosti, dok u akcidentima ako se radi o primljenim visokim dozama efekat je izrazitije niveliran.
- Kod ozračivanja celog tela po preporukama ICRP (1) kao kritični organi izabrani su: a) gonade (sa aspekta fertiliteta, genetskih efekata i incidencije tumora jajnika); b) hematopoezni organi (sa aspekta leukoza); c) očno sočivo (sa aspekta katarakte). Kada eksterno ozračivanje uključuje ograničen deo tela, dodatni kritični organ može da bude i koža sa aspekta kancera. Za ozračivanje od interno deponovanih radionuklida kao dodatni organi se uzimaju oni koji su determinisani metabolizmom, prisutnom koncentracijom u organu i faktorom vremenskog prisustva u pojedinim organima.

Za zaštitu od zračenja faktor rizika za izvesna hereditarna oštećenja za prve dve generacije nakon ozračivanja jednog od roditelja uzima se da je $10^{-2}Sv^{-1}$. U praksi se uzima da doza koju primi plod do $10^{-2}Sv$ (10 mSv) ne predstavlja opasnost za nastanak malformacija ili oboljenja koja se mogu smatrati kao postradijacioni efekti. Faktor rizika za incidenciju leukemije je $2x10^{-3}Sv^{-1}$. Ukupni faktor rizika za štitastu žlezdu smatra se da je 1/4 od faktora rizika za kostnu srž i iznosi $5x10^{-4}Sv^{-1}$. U pogledu efekta zračenja na sočivo u preporukama ICRP je da doza od 15 Sv neće dovesti do oštećenja vida. Godišnja nestohastička doza za organ vida je povećana od 0.15 Sv na 0.30 Sv (2).

U radiobiologiji i radijacionoj medicini koriste se termini "biološka indikacija" i "biološki indikatori radijacionih oštećenja" pod kojima se podrazumevaju takvi biološki pokazatelji, koji mogu da budu izučavani bez nanošenja jače traume organizmu i koji posle izlaganja zračenju signaliziraju o prisustvu i stepenu težine radijacionog oštećenja. Termin "biološka dozimetrija" koji se često koristi u praksi je neadekvatan, jer ne uzima u obzir stohastički karakter reakcije živih organizama na dejstvo zračenja. Sve korišćene metode biološke indikacije radijacionog oštećenja dele se na: hematološke, citogenetske, biohemijske, imunobakteriološke i biofizičke.

Od hematoloških testova u praksi se najčešće koriste:

- izmena broja cirkulirajućih ćelija,
- pojava mladih ćelija,
- pojava aberantnih ćelija (binuklearni limfociti, fragmentacija jedra limfocita, granulociti sa izmenjenom strukturom hromatina i hipersegmentacijom jedra (pleokarioza), plazmocitoidne mononuklearne ćelije, gigantski trombociti i dr.

Mnogi od ovih testova koriste se naročito pri izlaganju niskim dozama, a u akcidentalnim situacijama kada se često radi o izlaganju visokim dozama, koriste se i drugi postupci za dozimetriju kao što su: dozimetrija ambijenta, vreme nastanka simptoma radijacione bolesti, pojava pancitopenije i hromozomskih aberacija kao i rana dijagnostika biohemijskim testovima.

S obzirom, da se biohemijske promene javljaju medju prvim promenama pod dejstvom jonizujućih zračenja, danas postoji čitava baterija testova koji se koriste kod izlaganja niskim i visokim dozama, a u praksi se najčešće koriste sledeći: serumski proteini, sadržaj DNA i RNA, slobodne aminokiseline u urinu, rest azot, kreatin i kreatinin, transaminaze, glutation u krvi, kateholamini, dezoksiriboza. Od mnogobrojnih enzima (dezoksiribonukleaza, kisela i alkalna fosfataza, alfa-amilaza, aminotransferaza, beta-glukuronidaza, katepsini, proteaze, beta-galaktozidaza, katalaza, laktatdehidrogenaza, tripsin, holinesteraza) posebnu pažnju zaslužuje odredjivanje alkalne fosfataze, alfa-amilaze i aldolaze kao indikatora radijacionih oštećenja (3).

Incidencija hromozomskih aberacija pod dejstvom jonizujućihjućih zračenja može da ima značajnu dijagnostičku vrednost i kod akutnog ozračivanja visokim dozama i kod hroničnog izlaganja niskim dozama, jer spada u osetljivije biološke indikacije postradijacionih oštećenja. Hromozomske aberacije mogu da se koriste i kao "Biološki indikator" za kvantitativno odredjivanje veličine apsorbovane doze zračenja. Kao specifičnije promene uzimaju se u obzir poliploidija, endoreduplikacija, frekvencija pojave aneuploidnih ćelija i procenat hromozomskih aberacija. Medjutim, značajniju primenu u oceni radijacionih oštećenja dobio je procenat aberacija, a za ekspertizu je od značaja veći procenat od 1o%.

Prema Pravilniku o stručnoj spremi, zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućih zračenja (čl.14) uslov je sledeći citogenetski nalaz: hromozomske aberacije u limfocitima periferne krvi (analizira se najmanje 2oo limfocita u metafazi celularnog ciklusa – normalni kariotip, bez hromozomskih aberacija, kao što su: dicentrični i prstenasti hromozomi, translokacije, pericentrične inverzije i acentrični fragmenti (4).

Sigurno, da problem razvoja pojedinih somatskih efekata u uslovima dužeg hroničnog ozračivanja ostaje kao jedan od kardinalnih problema u oceni opasnosti od dejstva niskih doza jonizujućih zračenja na organizam. U dijagnosticiranju hroničnog radijacionog sindroma medju mnogobrojnim kriterijumima najčešće se koristi incidencija neutropenije, pleokarioza kod granulocita, u diferencijalnoj krvnoj slici "skretanje u levo", incidencija binuklearnih limfocita i hromozomskih aberacija (5).

Uzimajući u obzir da je incidencija kancera jedna od najznačajnijih manifestacija somatsko-stohastičkog karaktera pod dejstvom jonizujućih zračenja, uslovno je prihvatljiva relativna osetljivost organa i tkiva na indukciju kancera zračenjem i to:

Visoka osetljivost

1. ustanovljena je (za kostnu srž i štitastu žlezdu)
2. neustanovljena:
   a) osetljivost očevidna (nema tačne ocene rizika) za limfne čvorove i retikularno tkivo;
   b) osetljivost odredjena netačno za bronhije, pankreas, debelo crevo i želudac

Niska osetljivost: jednjak, tanko crevo, koža, kosti

Osetljivost nije odredjena: jajnik, mlečna žlezda, mokraćni putevi.

SUMMARY

POSSIBILITY OF USING MEDICAL TESTS FOR THE EVALUATION OF PATHOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN THE NORMAL AND ACCIDENTAL SITUATIONS

Haematopoietic and sympatho-adrenalic systems as well as gonads are still considered to be most responsible systems for the following at postradiation effects. However, in practice, the most often and the most easy to diagnose are the changes of haematopoietic system, skin and eyes. The main problems connected to occupational exposure to the ionizing radiation sources are reduced to diagnose effects in conditions of small doses acceptance, eventually chronic radiation syndrm and problem

LITERATURA

1. Norwood M.D., Thomas C.Ch., Medical Supervision of Radiation workers, Publischer Springfield-illnois, USA, 1975.
2. Publication 26 ICRP, 1977.
3. Yu.B.Kudrjašova, Lučevoe poraženie, Moskva, 1987.
4. Sl.list SFRJ br.4o/1986.

KRVNA SLIKA U PILIĆA NAKON APLIKACIJE LETALNE DOZE ^{32}P

Šimpraga, M.[1], Kraljević, P.[1], Vekić, B.[2], Kecerin Branka[1]

Veterinarski fakultet, Zagreb[1]; Institut "Ruđer Bošković", Zagreb[2]

U V O D

Radioaktivni fosfor ^{32}P je radionuklid koji se u peradi najviše nakuplja u kostima (1). Zato, ali i zbog svojih fizičkih osobina vrlo je pogodan za istraživanja učinaka radionuklida -osobito onih koji se nakupljaju u kostima- na organizam pilića.

Iako je učinak radioaktivnog zračenja na krvnu sliku domaćih životinja, pa i peradi, do sada relativno dobro istražen, u literaturi nismo našli podataka o učincima letalne doze ^{32}P na krvnu sliku u pilića hibrida teških pasmina, pa smo u ovom radu upravo to htjeli istražiti.

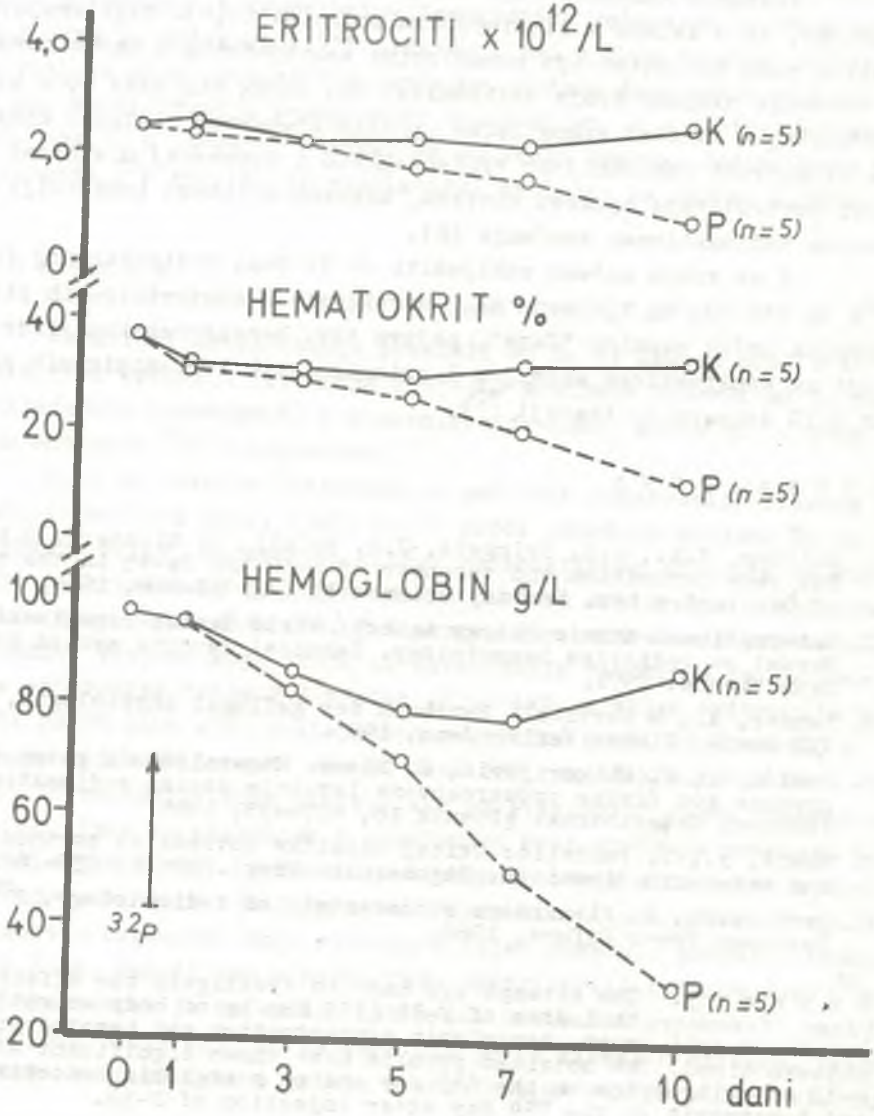
M A T E R I J A L I M E T O D E

Istraživanja su obavljena na pilićima hibridima teške pasmine "Jata", oba spola, starosti 50 dana i tjelesne mase od 1,5-2,0 kg. Životinje smo podijelili u kontrolnu (n=5) i pokusnu skupinu (n=5). Pokusnoj skupini pilića injicirali smo jednokratno u prsnu muskulaturu radioaktivni fosfor ^{32}P ($Na_2H^{32}PO_4$ u vodenoj otopini) u dozi od 333 MBq (9 mCi) na kilogram tjelesne mase. Kontrolnim životinjama injicirali smo fiziološku otopinu NaCl u istoj količini. Krv za analizu uzimali smo iz krilne vene dan prije, te 1, 3, 5, 7. i 10. dana nakon aplikacije ^{32}P. U krvi je određivan ukupan broj eritrocita s pomoću Spencerove komorice metodom po Nattau i Herichau, koncentracija hemoglobina po Sahliu i vrijednost hematokrita mikrohematokritskom metodom. Osmog i devetog dana po aplikaciji ^{32}P uginulo je 4 pilića iz pokusne skupine, a peti je uginuo 10. dana 10 sati nakon posljednjeg vađenja krvi. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni i prikazani kao srednje vrijednosti, a značajnost promjena provjerena je t-testom po Studentu i Fisheru.

R E Z U L T A T I

Rezultati istraživanja kretanja ukupnog broja eritrocita, vrijednosti hematokrita i koncentraciji hemoglobina u krvi pilića nakon i/m aplikacije ^{32}P prikazani su na slici 1.

Slika 1. Kretanje ukupnog broja eritrocita, vrijednosti hematokrita i koncentracije hemoglobina, u krvi pilića nakon i/m aplikacije ^{32}P (0 - prije aplikacije ^{32}P (n 10); K - kontrolna skupina; P - pokusna skupina.



su, naime, aplicirali radioaktivni fosfor ^{32}P kokošima "Vajt rok" u istoj dozi (9 mCi /kg) i zabilježili značajan pad eritrocita 8. dana nakon aplikacije. Dakle, pad broja eritrocita u njihovom pokusu zabilježen je 3 dana kasnije nego u našem. Razlog tome može biti dob životinja s obzirom da su oni u svojem pokusu koristili odrasle, godinu dana stare kokoši.

Pad ukupnog broja eritrocita pratio je i pad vrijednosti hematokrita, što je u skladu s ranije u literaturi objavljenim rezultatima dobivenim na drugim vrstama životinja (2).

Kretanje koncentracije hemoglobina u kontaminiranih pilića, također, je u skladu s literaturnim podacima (2,4). Najvjerojatniji razlog padu koncentracije hemoglobina zabilježenog u našem pokusu je u opadanju ukupnog broja eritrocita. No, uzrok tog pada može biti i poremećaj u sintezi hemoglobina (prekid Krebsovog ciklusa) kojeg može uzrokovati ionizacijsko zračenje(5),kao i poremećaj u sintezi enzima koji kontroliraju njegovu sintezu, odnosno njihovoj inhibiciji djelovanjem radioaktivnog zračenja (6).

I na kraju možemo zaključiti da je doza radioaktivnog fosfora ^{32}P od 333 MBq/kg tjelesne mase uzrokovala u kontaminiranih pilića, hibrida teške pasmine "Jata", pojavu tzv. hematopoetskog sindroma koji se manifestirao anemijom i uginućem svih kontaminiranih pilića od 8-10 dana po aplikaciji ^{32}P.

L I T E R A T U R A

1. Shirley, R.L., J.C. Driggers, J.T. McCall, M. Nienberg, G.K. Davis: The rate deposition and turnover of P-32 and Ca-45 in the tissues of the laying hen. Poultry science 33 (1) 932-966, 1954.
2. International Atomic Energy Agency/ World Health Organization: Manual on radiation heamatology. Tehnical reports series No. 123. IAEA Vienna, 1971.
3. Mehner, A., W Hartfiel: Handbuch der geflugel physiologie, Teil 2. VEB Gustav Fisher Verlag Jena, 1983.
4. Đukić, B., J. Gligorijević, Č. Rusov: Hematološke i patomorfološke promene kod živine prouzrokovane letalnim dozama radioaktivnog fosfora. Veterinarski glasnik 18, 427-433, 1964.
5. Savić, j., D. Pantelić: Uticaj termičke povrede na smrtnost naknadno ozračenih životinja. Vojnosanit. Pregl. 39 (4) 258-262, 1982.
6. Bacq, Z.M., P. Alexander: Fundamentals of radiobiology, 2nd ed. Pergamon Press Oxford, 1966.

S u m m a r y. The attempt was made to ivestigate the effects of lethal dose of P-32 (333 MBq/kg of body weight) on the red blood cell count, hemoglobin concentration and hematocrit in the chicken blood. The obtained results have shown significant effect of P-32 on eritrocytes on the 5th day and on hemoglobin concentration and hematocrit on the 7th day after injection of P-32.

Iz prikazanih rezultata vidljivo je da se ukupni broj eritrocita prva tri dana nakon injekcije ^{32}P značajno ne razlikuje među istraživanim skupinama. Petog i sedmog dana po aplikaciji ^{32}P bilježimo pad ukupnog broja eritrocita u pokusnoj skupini, a nađene razlike su statistički značajne ($P < 0,005$).

Srednje vrijednosti hematokrita su, također, podjednake u obje skupine tijekom prva tri dana nakon aplikacije ^{32}P. Male razlike zabilježene 1, 3, i nešto veće, 5. dana nakon injekcije ^{32}P, nisu statistički značajne. Značajni pad vrijednosti hematokrita u pokusnoj skupini postoji 7. dana nakon kontaminacije ($P < 0,005$).

U kretanju koncentracije hemoglobina uočava se tijekom prvih 5 dana po aplikaciji ^{32}P naglašeni pad u obje skupine pilića, ali razlike nisu statistički značajne. Sedmog dana nakon injiciranja ^{32}P pad koncentracije hemoglobina zaustavljen je u kontrolnoj skupini, dok je u pokusnoj nastavljen do kraja pokusa. Sedmog dana po aplikaciji ^{32}P razlika je statistički značajna na razini 0,0001.

R A S P R A V A

Rezultati istraživanja pokazali su da se ukupan broj eritrocita u krvi pokusnih životinja značajno smanjuje počevši od 5. dana, a vrijednosti hematokrita i koncentracije hemoglobina od 7. dana nakon unošenja ^{32}P u organizam.

Iako je poznata činjenica da pad ovih pokazatelja ukazuje na oštećenja koštane srži, ipak, treba proći određeno vrijeme da se taj pad opazi. Naime, momentalni učinci radioaktivnog zračenja na koštanu srž prikriveni su relativno dugim životom eritrocita i njihovom velikom radiootpornošću (2). U štakora, npr., ozračenih poluletalnom dozom, vrijeme koje prođe od ozračivanja životinje pa do pada broja eritrocita traje 2-3 tjedna (2). Kako je vijek eritrocita u peradi 28-35 dana (3), dakle skoro dvostruko kraći od štakora, u kojih je vijek eritrocita oko 50 dana (2), za očekivati je da u pilića to razdoblje bude kraće. Iako su eritrociti dosta otporni na zračenje, ipak se starenjem i povećanjem doze zračenja povećava i njihova osjetljivost. Također, pad ukupnog broja eritrocita u krvi životinja ozračenih letalnom dozom, može biti i posljedica brojnih krvarenja u organizmu koja nastaju uslijed povećane propustljivosti krvnih žila. Budući smo u našem radu upotrijebili letalnu dozu ^{32}P, za pretpostaviti je da su svi nabrojeni čimbenici uzrokovali raniji pad ukupnog broja eritrocita nego što je to slučaj u štakora. Uostalom, naši su rezultati u skladu s rezultatima Đukića i sur (4). Oni

Sekcija 3. ZAŠTITA OD JONIZUJUĆIH I NEJONIZUJUĆIH ZRAČENJA

XVI JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
NEUM, 28-31. svibnja 1991. godine

LJERKA ALUNIĆ, Institut za pomorsku medicinu, Split
VESNA PERHAT i SMILJA BOBAN, Klinički bolnički centar "Firule" Split

ULTRAVIOLETNO ZRAČENJE SUNCA I NJEGOV UTJECAJ NA LJUDSKU KOŽU

U sklopu jedne opsežnije studije o vezi izmedju nemelanotičkog karcinoma kože i ultravioletnog spektra sunčevog zračenja vršena su za područje splitske subregije preliminarna ispitivanja relativne učestalosti ovog karcinoma prema pojedinim lokalizacijama, spolu, dobi i histologiji. Rezultati se bitno ne razlikuju od onih u literaturi, pa su u oba spola daleko najzastupljenije lezije na glavi i vratu. I ostali rezultati ukazuju na zavisnost izmedju fotoeksponiranosti i pojave kožnog karcinoma.

U V O D

Od davnine je poznato da sunce ima neki biološki utjecaj na ljudski organizam, ali prava naučna ispitivanja kako korisnog tako i štetnog djelovanja sunčevih zraka, počinju tek nekih stotinjak godina unazad.

Spektar sunčevih zraka odgovara približno spektru crnog tijela ugrijanog na temperaturi od 5760 K, iz čega se na temelju Stefan, Boltzmanova, Wienova i Planckova zakona može proračunati energetski spektar sunčeve svjetlosti. Ova temperatura je u stvari samo efektivna temperatura površine sunca, koja u slojevima same površine nije konstantna, a u unutrašnjosti dostiže temperaturu od 10^7 K.(1)

Ultravioletno zračenja (UVZ) sunca predstavlja dio spektra elektromagnetskog zračenja izmedju vidljive svjetlosti (400-700 nm) i mekih X zraka (< 100 nm). Medjutim, sunčevi zraci koji dopiru do površine zemlje sadrže samo ultravioletnu-A i ultravioletnu-B komponentu UV zračenja valne dužine od 400-320 nm i od 320-280 nm.

Incidencija karcinoma kože prema histologiji i spolu prikazana je u tablici 1, dok je raspodjela po dobnim skupinama prikazana u tablici 2 i pokazuje uobičajeni porast incidencije s godinama starosti.

Najčešći broj registriranih karcinoma kože je kod oba spola u sedmoj deceniji života, s time da je prosjek za muškarce 61,2 godine, a za žene 67 godina.

INCIDENCIJA KOŽNOG KARCINOMA PREMA HISTOLOGIJI

SPOL	BASEOCEL.	PLANOCEL.	UKUPNO
MUŠKARCI	838	192	1.030
ŽENE	711	141	852
U K U P N O	1.549	333	1.882

TABLICA 1

INCIDENCIJA KOŽNOG KARCINOMA PREMA SPOLU

DOB (godine)	MUŠKARCI	ŽENE	UKUPNO
0-20	0	2	2
21-30	7	5	13
31-40	19	14	31
41-50	92	71	163
51-60	154	167	321
61-70	275	224	499
71-80	363	258	626
81-	115	111	226
U K U P N O	1.030	852	1.882

TABLICA 2

Ultravioletno-C zračenje, valne dužine od 280-100 nm, je apsorbirano u atmosferskom sloju ozona, a dijelom reflektirano na molekulama kisika, prašine, aerosola ili vodenih kapljica, pa se uopće ne pojavljuje na površini zemlje. (2)

Biološki efekt sunčevog UV zračenja na normalnu kožu zavisi od doze i valne dužine, kao i vremena eksponiranosti njegovom djelovanju. Nakon akutnog ozračenja kože UV zrakama sunčeve svjetlosti dolazi do eritema, naknadne pigmentacije i proizvodnje vitamina D. Na temelju epidemioloških i laboratorijskih studija utvrdjeno je da kao posljedica kroničnog i dugotrajnog izlaganja UVB zracima dolazi do starenja kože i pojave karcinoma kože. Najčešće činjenice koje ukazuju na kancerogeni efekt UV zraka su najveća incidencija kožnog karcinoma na fotoeksponiranim dijelovima tijela, te znatno veća incidencija kod populacije svijetle puti, kao i kod osoba koje su profesionalno i dugotrajno izložene sunčevu svjetlu, posebno u geografskim područjima s velikim brojem sunčevih dana tijekom godine. (3,4,5)

Preduvjet za bilo kakvo djelovanje sunčevih UV zraka je njihova apsorpcija u koži. Apsorbirane u koži one mijenjaju svoj spektralni sastav, bilo zbog zrcalne i difuzne refleksije na neravnoj površini kože, bilo zbog filtracije kroz njezin rožnati sloj.

Kako je apsorpcija UV zraka selektivna, jer zavisi od valne dužine, može se pretpostaviti da će i fotoeksponirana područja biti različito izložena pojedinim valnim dužinama, pa će prema tome i različito apsorbirati UVzrake. (5,6)

Cilj rada je bio prikazati incidenciju karcinoma kože i zastupljenost pojedinih lokalizacija karcinoma na području Dalmacije, kao posljedice eksponiranosti UV zrakama sunca,a na temelju podataka KBC "Firule" Split.

MATERIJAL I METODA

Obradjena su 1.882 bolesnika starosne dobi od 20 do 80 godina, kojima je u deset-godišnjem periodu prvi put dijagnosticiran karcinom kože u Kliničkom bolničkom centru u Splitu. U obradu nisu uzeti oni bolesnici kojima mjesto boravka nije gravitiralo isključivo Splitu.

Od ukupno registrirana 1.882 karcinoma kože 1.549 su bili baseocelularni a 333 planecellularni.

REZULTATI

Nakon obrade i razvrstavanja kožnih karcinoma po lokalizacijama, uočena je različita relativna učestalost kod muškaraca i kod žena, a prikazana je na grafikonu 1, iz kojega se vidi da su kod oba spola najčešće zahvaćeni nos i obrazi.

Lezije na glavi i vratu zastupljene su kod muškaraca u 83,8% slučajeva, a kod žena u 90% slučajeva.

Nakon statističke obrade utvrdjeno je da postoji statistički značajna pojava karcinoma kože na ledjima i uškama muškaraca ($|t|=3,4$, $p<0.05$ i $t=5.8$, $p<0,05$), dok je na granici statističke značajnosti pojava karcinoma na čelu i donjim ekstremitetima kod žena ($|t|= 2.02$, $p>0,05$ i $|t|= 2.18$, $p>0.05$).

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Navedeni rezultati ispitivanja pokazuju da je karcinom kože u splitskoj subregiji vrlo često oboljenje. U skladu s podacima iz literature baseocellularni kao i planocellularni karcinom nešto je učestaliji u muškoj nego u ženskoj populaciji. (7,8)

Ovaj podatak se vjerojatno može tumačiti profesionalnom orijentacijom muškaraca na zemljoradnju, ribolov i druge djelatnosti u kojima je muški dio stanovništva dugotrajno eksponiran sunčevom zračenju. Kako je učestalost karcinoma kože izrazito veća na fotoeksponiranim dijelovima tijela nego na pokrivenim, može se objasniti podatak statistički značajno veće zastupljenosti karcinoma kože na uškama i ledjima kod muškaraca. Medjutim, s obzirom na modne trendove koje danas sve više prihvaća prigradsko stanovništvo, Dalmatinska zagora i otoci, može se pretpostaviti daljnji porast relativne zastupljenosti karcinoma kože na uškama, ledjima i ramenima kod žena, te na potkoljenicama kod žena i muškaraca.

SUMMARY

On behalf of a larger study on the relationship between non melanotic skin cancer and UV sun radiation, some preliminary research about its frequency according to localisation, sex, age and histology, has been done in the Split region.

The results are compatible with those from literature. The head and neck lesions are the most frequent. This can again confirm the relation between photoexposure and skin cancer frequency.

LITERATURA

1. Knapp A., Kulušić P.: Novi izvori energije, Školska knjiga, Zagreb,1985.
2. Schwarzwald M, Kogoj F. i sur.: Fotodermatoze, Zagreb, 1970.
3. Diffey B.L.: Ultraviolet Radiation Physics and the Skin, Phys.Med. Biol., 25:3,1980.
4. Stošić A., Wolf A., Gruber F.: Problematika fotodermatoza, Dani primarne zdravstvene zaštite, Zbornik, Labin, 1988.

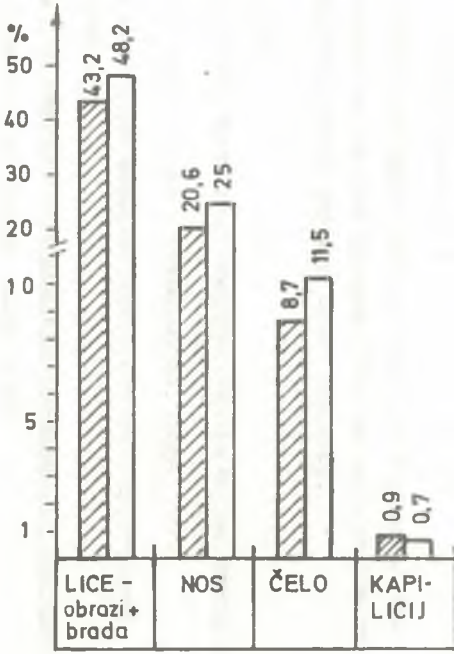
5. Hrnjak M.: Ultravioletno zračenje i profesionalna ekspozicija. Vojnosanitetski pregled, 3, 1988.

6. Diffey B.L., Tate T.J., Davis A.: Solar Dosimetri of the Face: The Relationship of Natural UV Exposure to Basal Cell Carcinoma Localisation, Phys. Med.Biol. 24:5,1979.

7. Schwarzwald M.: Tumori kože, U: Medicinska enciklopedija, vol.X, Zagreb, 1965.

8. Sanderson K.V.: Tumors of the skin, U: A.Rook, D.S. Wilkinson, F.J. Ebling: Texbook of dermatology, vol.11, Oxford, 1968.

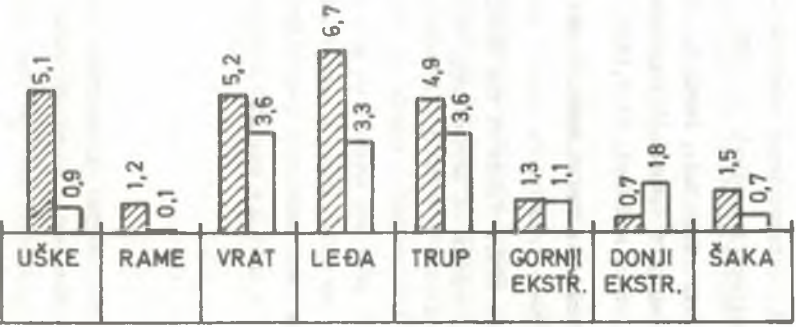
RELATIVNA RASPODJELA



Legenda : muškarci
žene

Grafikon 1

KOŽNOG KARCINOMA PREMA LOKALIZACIJAMA



Babić S.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča
OOUR Institut za radiobiologiju i radijacionu medicinu "RBM"

PSIHOLOŠKI ASPEKTI NUKLEARNIH KATASTROFA

Psihologija je na izvestan, periferan način već dugo prisutna u domenu zaštite od zračenja. O važnosti psiholoških aspekata uglavnom su govorili stručnjaci iz te oblasti, osećajući značaj i potrebu da skrenu paznju psihologije u tom domenu.

INFORMISANJE

Termin "psihološki" se koristi prvenstveno, da bi se objasnila emocionalna reagovanja javnosti, o pitanjima u odnosu na koja treba imati racionalan odnos, jer svaka priča o zračenju, i o svemu što je nuklearno, izaziva kod "nestručnog", a "savesnog" gradjanina strah i odbijanje. Šta je razlog tome?

Bez obzira na sveprisutnost jonizujućeg zračenja u životu savremenog čoveka, on ne poseduje dovoljno informacija o njemu.Ta znanja su veoma specijalizovana, i kao takva, u stvari nedostupna. Sredstva informisanja se ovom problematikom bave na sebi svojstven način plasiranja i obrade informacija, što je najčešće uznemirujuće po javnost. Osim realnog straha, koji proizilazi iz osećanja ekološke ugroženosti, i koji počiva na objektivnim opasnostima savremenih tehnologija, neminovno se radja iracionalni strah.On je generalizacija svih čovekovih subjektivnih strepnji u okvirima "precenjene" stvarnosti. RADIOFOBIJA je termin koji objašnjava tu vrstu straha. Na taj način je čovekovo mentalno zdravlje kontinuirano ugroženo,kroz poremećeno emocionalno stanje nespecifikovabnog straha. S obzirom da su činioci koji utiču na narušavanje mentalnog zdravlja čoveka brojni, i da deluju

udruženo, nemoguće je u svakodnevnom zivotu oceniti i kvantifikovati, a ni u potpunosti kvalifikovati uticaj zračenja kao stresogenog činioca po mentalno zdravlje čovekovo.

NUKLEARNE KATASTROFE

Problem dobija svoj puni značaj izbijanjem nuklearnih katastrofa. U psihološkom smislu, nuklearne katastrofe su predmet KRIZNE PSIHOLOGIJE, kojoj je cilj da utvrdi delovanje psihosocijalnih faktora na ponašanje ljudi u specifičnim kriznim situacijama, ali i elemente za prognozu njihovog ponašanja u sličnim situacijama. (1)

Ozračivanje kao posledica nuklearnih akcidenata, bez obzira na razmere, nije "obična" katastrofa, jer zračenje poseduje veoma specifične karakteristike. Iskustva epidemioloških istrazivanja krizne psihologije nisu direktno aplikativna. Nuklearna akcidentalna situacija ima svoju dinamiku, s obzirom na početak, trajanje, završetak i posledice, a zračenje specifične karakteristike u odnosu na druge katastrofe.

Činjenice da se zračenje ne može neposredno percipirati ili osetiti vlastitim čulima, a da se njegova razorna moć može osetiti na desetine hiljada kilometara van mesta akcidenta, utiču na pojavu i dominaciju snaznih emocija u masovnom ponašanju. Emotivna stanja koja dozivljavaju ljudi u obliku straha, anksioznosti, gneva, čak i mržnje, i sličnih efekata, dovode do sužavanja svesti pojedinaca u masi. Oni tako gube svoj identitet i sposobnost da svojim intelektualnim i drugim psihičkim funkcijama rešavaju kritičnu aktuelnu situaciju. Ovakve reakcije stresa su karakteristične za početni period katastrofe.

Brzina oporavka od stresa je glavna karakteristika čovekovog

ponašanja u akcidentalnoj situaciji, i ovaj proces se odvija kroz adekvatno i neadekvatno ponašanje. Ono moze biti individualno i masovno.

Adekvatno ponašanje je ono koje u datim okolnostima izgleda najsvrsihodnije za prevazilaženje katastrofe. Njegov važan elemenat je posedovanje znanja i obučenosti primerenih prirodi katastrofe. Kod nuklearnih akcidenata je problem što specifična stručna znanja, osim stručnjaka iz te oblasti na izvestan način moraju da poseduju i "obični" gradjani. Za razliku od drugih kriznih situacija, gde je adekvatno ponašanje "zdravorazumsko", odnosno, ono koje je vodjeno "prirodnim", psihosocijalnim čovekovim osobinama, kod nuklearnih katastrofa, je adekvatno ponašanje primarno bazirano na adekvatnim informacijama. Medjutim, nekritičnost prema informacijama, pogrešna percepcija i procena situacije, uz opšte stanje konfuzije, bivaju pojačani zavisnošću o izvorima informacija koji obaveštavaju o nesreći. Karakteristično za nuklearne katastrofe je da je gradjanin prisiljen da se oslanja jedino i isključivo na informacije od kompetentnih stručnjaka, koje napola razume, i kojima baš uvek sasvim i ne veruje, a ne moze da ih proveri.(2)

Neadekvatnim reakcijama se ne prevazilazi krizna situacija. One ne moraju obavezno biti i psihopatološke, mada su veoma često tog karaktera. U masovne, neadekvatne reakcije ubrajamo i paniku, čiji se strah bazira na propagandnoj aktivnosti ili glasinama. Problemi o kojima smo govorili kod informisanja javnosti, u ovom kontekstu dolaze maksimalno do izrazaja. Sveukupno, ovakve masovne, neadekvatne reakcije ne traju dugo, kod nuklearnih akcidenata traju nešto duže, s obzirom na činjenicu da kraj akcidenta ne predstavlja i kraj izlaganja stresoru, čega je stanovništvo svesno.

Usled produženog trajanja akcidenta, i u zavisnosti od strukture ličnosti, mogu se očekivati indukovane neurotične reakcije različitog oblika (anksiozne, depresivne, histerične, disocijativne, psihosomatske), ali i psihotične individualne reakcije. (3), (4)

UMESTO ZAKLJUČKA

Umesto zaključka ističemo bitne elemente koje treba da sadrze preventivni programi:

1. Interes i aktivnost društva za zaštitu mentalnog zdravlja čoveka od zračenja;

2. Izrada i primena edukativnih i informativnih programa za sve kataegorije stanovništva;

3. Pokretanje specifičnih epidemioloških studija o nuklearnim akcidentima;

ABSTRACT

In this paper are considered some psychological implications of nuclear accidents: fear, distrust, panic, acute neuro-psychotic reaction.

Literatura

1. *Zvonarević, Matošić, Sekulić*
Čovjek u zaštiti i spašavanju, Školska knjiga, Zagreb 1986
2 *Zvonarević M.*
Psihokrizne karakteristike Černobilske nesreće, Institut za društvena istrazivanja Sveučilišta u Zagrebu, 1987.
3. *Jacob I. Fabrikant*
The Effect of The Accident at three Mile Island on The Mental Health And Behavioral Response of The General Population and Nuclear Workers ,Health Physics Vol.45,No 3
4. *The Radiological Accident in San Salvador IAEA. Vienna,1990*

ZNAČAJ MEDICINSKE I DRUGE DOKUMENTACIJE ZA ZAPOSLENE U ZONI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

Čremošnik-Pajić P, Savić M, Rodić-Strugar J.

Medicinski fakultet Novi Sad, Institut za zdravstvenu zaštitu, Zavod za medicinu rada, Novi Sad

U V O D

Preventivne mere zaštite zaposlenih koji rade sa izvorima jonizujućih zračenja ili samo u zoni jonizujućeg zračenja su zakonska obaveza koja je regulisana prvi put u nas "Osnovnim zakonom o zaštiti od jonizujućeg zračenja" i pratećim "Pravilnikom o zdravstvenim pregledima i zdravstvenim uslovima lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja" (2). Zakonskim propisima regulisana je i obaveza čuvanja medicinske dokumentacije. Kako smo se u našem radu sretali sa dosta problema koji su vezani za nedostatak odgovarajućih podataka i dokumentacije, želimo da istaknemo značaj medicinske i druge potrebne dokumentacije u sprovodjenju zdravstvene zaštite zaposlenih u zoni jonizujućeg zračenja. Isto tako želimo da naglasimo važnost i neophodnost primene jedinstvene doktrine u vodjenju te dokumentacije kako bi se rezultati ispitivanja mogli evoluirati i komparirati. Preventivni zdravstveni pregledi zaposlenih u zoni jonizujućeg zračenja vrše se sada u obimu i periodicitetu koji je predvidjen "Pravilnikom o stručnoj spremi i zdravstvenim uslovima i zdravstvenim pregledima lica koja mogu raditi sa izvorima jonizujućeg zračenja" iz 1986. godine (3). U njemu su predvidjeni elementi zdravstvenog pregleda za lica pre stupanja na rad sa izvorima jonizujućeg zračenja kao i elementi za periodične preglede. Predvidjeni su elementi pregleda na osnovu kojih se može ceoceniti zdravstvena podobnost radnika za rad sa jonizujućim zračenjima, odnosno konstatuju kontraindikacije za rad sa istim i omogućuju praćenje uticaja jonizujućeg zračenja na zdravlje zaposlenih.

Obzirom na značaj svakog pojedinog elementa pregleda, podatke u vezi sa radnom, ličnom i porodičnom anamnezom, značaj svakog odgovora na predvidjena pitanja za donošenje odluke o uticaju jonizujućih zračenja na zdravlje zaposlenih, na odredjivanje eventualnog učešća jonizujućeg zračenja u pojedinim bolestima i priznavanje istog kao profesionalno, neophodno je da postoji jedinstveni karton koji bi obuhvatio sva potrebna pitanja čiji odgovori su značajni za odgovarajuću procenu. Medjutim, jedinstveni karton ne postoji i pored zalaganja da se to uradi.

NAŠA ISKUSTVA

Pri sprovodjenju zdravstvene zaštite radnika profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima mi se u našem radu pridržavamo "Pravilnika" i "Preporuka u vezi sa tom problematikom" koje su štampane u "Zborniku radova VI Kongresa medicine rada Jugoslavije" (4), "Zborniku radova sa seminara u Stubičkim Toplicama" (5) i drugo(6).

U dokumentaciji o preventivnoj zdravstvenoj zaštiti profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima imamo pitanja i odgovore za sve elemente koji su predvidjeni tim dokumentima.

U dokumentaciji se nalaze podaci o opštem kliničkom pregledu nadjeni prilikom svakog pregleda, o ličnoj anamnezi koji obuhvataju sve važne činjenice u vezi zdravstvenog stanja, o prebolelim oboljenjima, odnosno aktuelnim oboljenjima, o oboljenjima koja su ili koincidiraju sa promenama u specifičnim elementima karakterističnim za delovanje jonizujućeg zračenja (npr. kod malokrvnosti ili kod promena broja leukocita, diferencijalne krvne slike i drugih elemenata). Podaci o dijagnostičkim i terapijskim intervencijama pri kojima su bila upotrebljena jonizujuća zračenja kod radnika zaposlenih u zoni jonizujućeg zračenja, u kom vremenskom intervalu su korišćena i na kojim organima, koji izvori zračenja su korišćeni i koje doze zračenja je organizam primio. Obuhvaćeni su podaci o porodičnoj anamnezi i veoma detaljni podaci o radnoj anamnezi. Tu su podaci o radu o radnim uslovima (A,B); dužina radnog staža u odredjenim uslovima; dnevna efektivna izloženost u tim uslovima; dnevna frekvenca pojedinih usluga i vrsta tih usluga pri kojima se koriste jonizujuća zračenja (broj ekspozicija i način izvodjenja); mogućnosti i primena mera zaštite; nalazi merenja ekspozicionih doza u radnim uslovima; nalazi lične dozimetrije.

Laboratorijske i hematološke analize sadrže analize broja crvenih krvnih zrnaca, količinu hemoglobina, broj belih krvnih zrnaca, broj neutrofilnih granulocita, broj limfocita i broj trombocita kao najznačajnije indikatore sposobnosti odnosno, nesposobnosti za rad u zoni jonizujućeg zračenja. Tu je i nalaz očnog sočiva, radiografija pluća, pregled urina (specifična težina, belančevine, šećer i sediment), ginekološki pregled - za žene, nalaz kapilaroskopskog pregleda za radnike koji u toku rada mogu biti izloženi direktnom snopu X i gama zraka, ili površinskoj kontaminaciji beta emiterima. Za one koji već rade sa izvorima jonizujućih zračenja pregled je dopunjen sa ispitivanjem hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi, ispitivanjem binuklearnih limfocita, radiološka ispitivanja, zavisno od radiotoksičnosti i specifične i ukupne aktivnosti radionuklida sa kojima rade, klirens kreatinina - za radnike koji rade sa uranom i sl.

U slučajevima akcidentnih situacija ili samo sumnje na iste u našoj dokumentaciji se nalaze i podaci o nalazima ispitivanja merenja ekspozicionih doza i zapisnikom o svim relevantnim podacima za takve situacije, podaci o ranijim promenama zdravlja u nalazima specifičnih za delovanje jonizujućeg zračenja i podaci o potrebnim kontrolama istih, o zabranama za rad u zoni jonizujućeg zračenja. Sve navedeno je od velikog značaja za procenu radne podobnosti za rad u zoni jonizujućeg zračenja kako za trenutno stanje, tako i u prognostičkom smislu. Dokumentacija o navedenim je veoma značajna i za slučaj da se kod radnika koji je profesionalno izložen delovanju jonizujućeg zračenja pojavi oboljenje karakteristično za delovanje

jonizujućeg zračenja i isto treba da bude verifikovano kao profesionalno. Samo zahvaljujući tome što imamo takvu dokumentaciju, mi smo bili u mogućnosti da za odredjeni broj zaposlenih priznamo verovatnoću profesionalne etiologije oboljenja. U periodu od 5 godina (1985-1990. god.) u populaciji od 410 radnika za koje vršimo redovnu preventivnu zdravstvenu zaštitu mi smo kod 11 radnika priznali verovatnu profesionalnu etiologiju oboljenja. I to kod 4 radnika kod kojih je nastala potreba za stalnom promenom radnog mesta - odnosno odlazak u invalidsku penziju i kod 7 radnika zbog potrebe dužeg lečenja tranzitornih promena u krvnoj slici. Isto tako smo zahvaljujući dokumentaciji kod jednog broja radnika sa velikom verovatnoćom mogli negirati profesionalnu etiologiju oboljenja.
Medicinska dokumentacija o izloženom i njeno analiziranje je od velikog značaja i zbog procene efikasnosti preduzetih mera zaštite kao i za sagledavanje slabih tačaka u vezi sa istima.

ZAKLJUČAK I PREDLOG MERA

Na osnovu našeg iskustva u sprovodjenju preventivne zdravstvene zaštite zaposlenih u zoni jonizujućih zračenja smatramo da je vodjenje celokupne dokumentacije u vezi sa tim neophodno kako bi se mere zaštite u celosti najadekvatnije sprovodile. U tom cilju je neophodno da se primenjuje jedinstveni karton i jedinstveni protokol potrebnih podataka i postupaka.

S U M M A R Y

SIGNIFICANCE OF MEDICAL AND OTHER DOCUMENTATION FOR EMPLOYED IN THE ZONE OF IONIZING RADIATION

Čremošnik-Pajić P, Savić M, Rodić-Strugar J. Medical Faculty of Novi Sad, Institute for Public Health, Department of Occupational Health, Novi Sad

The aim of preventive medical measures is early detection of alterations on the health status of exposed to ionizing radiation, their control and supression of progression. Medical documentation of the whole period of work under exposition of ionizing radiation serves as a professional base for performance of assential measures and for confirmation of prescribed occupational disease. On the base of this documentation we confirmed 11 cases for prescribed ocupational diseases.

B i i b l i o g r a f i j a

1. "Službeni list SFRJ" br. 12/65.
2. "Službeni list SFRJ" br. 31/65.
3. "Službeni list SFRJ" br.40/86.
4. ČREMOŠNIK-PAJIĆ P, TRAJKOVIĆ M, JEREMIĆ M, HORVAT DJ. Prilog ujednačavanju postupaka i kriterijuma za ocenu zdravstvene podobnosti za rad sa izvorima jonizujućih zračenja. Zbornik radova VI Kongresa medicine rada Jugoslavije. Novi Sad, 1983; 682-6.
5. ČREMOŠNIK-PAJIĆ P. Jedinstveni kriterijumi pri oceni uticaja jonizujućeg zračenja na zdravlje i radnu sposobnost. Teze za okrugli sto. Zdravstveni i dozimetrijski nadzor osoba zaposlenih u zoni jonizujućeg zračenja. Stubičke Toplice, 1986; 80-96.
6. ČREMOŠNIK-PAJIĆ P, STRUGAR J, PANOV D. Promene u krvi i krvotvornim organima - prilog za okrugli sto na temu: Ujednačavanje kriterijuma za priznavanje profesionalnih oboljenja nastalih kao posledica dejstva jonizujućih zračenja. Zbornik radova XIII jugoslovenskog simpozijuma zaštite od zračenja. Pula, 1985; 754-5.

PRIMENA NEKIH NOVIH KOMPLEKSIRAJUĆIH MATERIJA U RADIOPROTEKCIJI MESA

Draganović B., Vitorović Gordana i Stanković J.
Katedra za radiologiju i radijacionu higijenu, Veterinarski fakultet u Beogradu

UVOD

Problem kontaminacije životinja radiocezijumom predstavlja dosta veliki problem u higijeni i tehnologiji mesa, odnosno u stepenu higijenske ispravnosti namirnica animalnog porekla. Zbog velikih ekonomskih šteta koje nastaju uništavanjem kontaminiranog mesa kao izuzetno važne životne namirnice, istraživači su se koncentrisali na razvijanje dva sistema zaštite lanca ishrane ljudi. Prvi sistem je ispitivao metode dekontaminacije mesa kojima bi se smanjio ili sasvim odstranio sadržaj radiocezijuma, pri čemu je postupak bio dug a ponekad i nedovoljno efikasan. Drugi način sprečavanja radiokontaminacije mesa bazira se na mogućnostima da se preko stočnih hraniva umanji ili sasvima spreči resorpcija radiocezijuma iz digestivnog trakta i na taj način umanji njegova depozicija u mišićnu masu (meso i unutrašnje jestive organe). Cilj ovog rada je da vam prikaže neke preliminarne rezultate korišćenja zaštite kontaminiranja mesa preko zaštitnih materija u digestivnom traktu životinja.

MATERIJAL I METODE RADA

Kao materijal za naš eksperiment uzeta je brojlerska proizvodnja i to u periodu starosti pilića "Hybro" izmedju 32. i 45. dana života, jer je to kraj proizvodnog ciklusa pilića za roštilj. Životinje su kontaminirane $^{137}CsCl$ sondom 32. dana života aktivnosti 5 kBq/živ. U isto vreme nakon kontaminacije data su im kompleksoni: jednoj grupi 2 ml Amonium-feri-cijanoferata (AFCF - Giese salz) a drugoj grupi Feritin (feroaskorbat) 2 g/živ. Na kraju posmatranog perioda (45.dana života) od mesa životinja kontrolne grupe napravljana su tri mesna proizvoda po klasičnoj tehnološkoj recepturi: viršle od pilećeg mesa, salama i pašteta.

Gamaspektrometrijske analize svežih uzoraka pilećeg mesa vršene su na Ge-Li spektrometru firme "Ortec" s 4.096 kanalnim analizatorom, kojim je utvrdivan nivo radiocezijuma-137. Sem toga, izračunavani su podaci: smanjivanja aktivnosti (%SA), vreme polueliminacije radiocezijuma ($B_{1/2}$) i koeficijenti koncentracije za sistem mesni proizvodi/meso brojlera.

RAZMATRANJE REZULTATA RADA

Prvi deo naših rezultata je se odnosio na uporedno prikazivanje zaštitnih efekata amonijumcijanoferata, Feritina i kontrolne grupe životinja. Tabelarno to izgleda ovako:

	kontrole	Ferritine	AFCF
dani posle kontaminacije i zaštite			
1. dan	1.726	706	46
7. dan	1.061	126	28
14. dan	653	-	-

N = 6 životinja

CV= do 15%

Procent skinute aktivnosti (%SA)	kontrole	Ferritine	AFCF
1.dan	66	86	92
7.dan	79	97	99
14.dan	87	-	-

CV do 15%

Dobijeni rezultati ovog dela eksperimenta govore o visokim apsorpcionim kvalitetima oba kompleksona u vrlo kratkom vremenskom intervalu - 24 h nakon kontaminacije. Ako uradimo grafičku analizu dobijenih rezultata može se odrediti i biološki poluživot za kontrolu, Ferritine i AFCF od 24h do 7.dana posmatranja i to: 10, 3 i 8 dana. Analizirajući rezultate koje je prikazao W.W.Giese (1989) sa AFCF on je tako visok efekt zaštite u grupi teladi koja su bila zaštićena putem majčinog mleka. Što se tiče našeg eksperimenta nas su obradovali rezultati dobijeni primenom domaćeg kompleksona Ferritina i mogućnosti njegove primene i kod domaćih sisara. On se u delovanju razlikuje od AFCF samo po načinu delovanja iako su im krajnji zaštitni efekti u 7 dana posle radiokontaminacije $^{137}CsCl$ skoro isti.

Drugi deo našeg eksperimenta je se sastojao u mogućnosti da se tehnološkom obradom brojlerskog mesa umanji sadržaj radiocezijuma-137. Tako je grupa životinja iz kontrolne grupa ubijena 45.dana života (2 nedelje posle započetog eksperimenta) i od njihovog mesa napravljeni mesni proizvodi. Receptura za te proizvode od pilećeg mesa je bila uobičajena, kao kad se ti proizvodi spremaju za potrošnju a to su bili: hrenovke, salama i pašteta. Sadržaj radiocezijuma-137 je pri tome bio sledeći:

meso brojlera (svetlo i tamno)	sadržaj ^{137}Cs Bq / kg	procent mesa %
	653	100
proizvod: hrenovka	248	54
salama	120	82
pašteta	85	44

CV do 15%

Iz dobijenih rezultata može se utvrditi da redukciju sadržaja ^{137}Cs u proizvodima od pilećeg mesa ne uzrokuje isključivo sadržaj mesne mase, već i tip tehnološkog procesa koji je primenjen.

ZAKLJUČCI

Na osnovu izvršenih ispitivanja može se zaključiti da je:

1. Zaštitni efekt Ferritine-a i AFCF u alimentarnoj kontaminaciji brojlera evidentan i veliki ako se kompleksoni daju odmah nakon kontaminacije životinja.
2. Tehnološke metode prerade kontaminiranog pilećeg mesa ^{137}Cs u viršle, salame i paštete redukuju aktivnost za 62%, 82% i 87%.

Bibliografija

1. Giese W.W.: Ammonium-Ferric-Cyano-Ferrate(II) - AFCF - as an effective Antidote against Radiocesium Burdens in Dom.Animals and Animal Derived Food, -Brit.Vet.Journal 87 (3),363-9, 1988.
2. Giese W.W.: Coutermeasures for Reducing of Radiocesium to Animal Derived Food. -The Sci.of the Tot.Envir. 85,317-26,1989.
3. Draganović B.,Vitorović Gordana: Radioaktivne supstance u sirovinama i namirnicama animalnog porekla, -hrana i ishrana 31 (2-3),145-8,1990.

THE USE SOME NEW COMPEXE SALTS IN BROILER-MEAT RADIOPROTECTION

Draganović B. and Vitorović G.

Summary

The results of the application some complexe-salts as: Ferritine and Ammonium-Ferric-Cyanoferrate(II) in radioprotection of Broiler production, show the possibility of the binding of radiocesium in Chicken`s GI tractus. The protecting complexe-salts in Chicken`s GI tractus decrease the elimination of Radiocesium 86-92% first day and 97-99% up to seven days. The hot-dog, salame and paté made of Radiocesium contaminated broiler meat show also the decontamination effect 62%, 82% and 87%.

XVI JUGOSLAVENSKI SIMPOZIJ ZAŠTITE OD ZRAČENJA
NEUM, 28-31. svibnja 1991.godine

R. ERMACORA, LJERKA ALUNIĆ, V. BRAČIĆ, N. SILIĆ I J. BAKIĆ
Centar medicinskih ustanova, Split

ZDRAVSTVENO STANJE POMORACA PROFESIONALNO IZLOŽENIH MIKROVALNOM ZRAČENJU

Ugradjeni radarski sistemi na plovnim objektima predstavljaju izvor mikrovalnog zračenja, kojemu su profesionalno izloženi članovi posade za vrijeme obavljanja svojih radnih zadataka. Prikazuju se rezultati ispitivanja odredjenih specijalista medicine kod grupe od 63 ispitanika s paluba i kontrolne grupe od 33 ispitanika.

Rezultati ispitivanja pokazuju da odstupanja od normalnih nalaza profesionalno izložene grupe i kontrolne grupe nisu statistički značajni.

U V O D

Radar, kakav danas poznajemo, ubraja se medju najvažnija elektronska otkrića II svjetskog rata, iako princip rada i prvi eksperimenti datiraju mnogo ranije. Radarska tehnika se intenzivno usavršavala i sve više primjenjivala, kako u vojne tako i u civilne svrhe, stoga elektromagnetsko zračenje koje emitiraju antene radara, postaje sve više ekološki problem.

Članovi posada plovnih objekata tijekom obavljanja svojih zadataka izloženi su zračenju ugradjenih radarskih sistema, s radnim frekvencijama iz X područja. Na palubama tih objekata postoje područja gdje je gustoća snage zračenja ili intenzitet zračenja povećan i prelazi dopuštene norme sigurnosti (1,2). Članovi posade, koji borave na tim palubama, izloženi su zračenju većeg ili manjeg intenziteta tijekom radnog vremena.

Mjerenjem zračenja na tri tipa plovnih objekata utvrdjeno je da je osoblje na komandnom mostu, tijekom rada radarskih sistema, izloženo zračenju intenziteta iznad 1 mW/cm^2. Ovo zračenje tretira se gotovo u svim propisima kao potencijalno opasna granica i predstavlja potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje.

Iako se već odavno ispituju biološki efekti mikrovalnog zračenja, danas još nisu poznate sve posljedice koje to zračenje može izazvati u biološkom materijalu i ljudskom organizmu. Eksperimentalno je dokazan

samo toplinski efekt koji se manifestira kod intenziteta zračenja iznad 10 mW/cm^2. Medjutim, neki autori smatraju da mikrovalno zračenje ima i specifične efekte koji se javljaju kod izlaganja niskim intenzitetima i mogu izazvati organska oštećenja i funkcionalne poremećaje (3,4).

Cilj ispitivanja bio nam je utvrditi utjecaj mikrovalnog zračenja na promjene u perifernoj krvi, promjene u elektroencefalografskoj aktivnosti, te utvrditi utjecaj zračenja na organ vida i na morfološko stanje i pokretljivost spermatozoa eksponiranog osoblja plovnih objekata.

MATERIJAL I METODA

Utjecaj štetnih faktora mikrovalnog zračenja na zdravstveno stanje članova posada, s tri tipa plovnih objekata, praćen je kod grupe od 96 ispitanika, starosne dobi od 21 do 45 godina. Od te grupe je 63 ispitanika profesionalno izloženo mikrovalnom zračenju različitog intenziteta, zavisno od položaja radnog mjesta na palubi samog objekta.

Zavisno od položaja i eksponiranosti radnih mjesta na palubama plovnih objekata, te prema dužini radnog staža u zoni zračenja, ispitanici su razvrstani u tri podgrupe, prikazane u tablici 1.

RADNI STAŽ (godine)	POLOŽAJ RADNOG MJESTA			
	PRAMAC	KOMANDNI MOST	KRMA	POTPALUBLJE
0-10	13	14	3	10
11-20	6	14	13	20
21-30	0	0	0	3
U K U P N O	19	28	16	33

TABLICA 1.

Medjutim, posebno je izdvojena i promatrana grupa od 28 ispitanika. Za vrijeme rada radarskog sistema oni borave isključivo na komandnom mostu, a izloženi su zračenju iznad 1 mW/cm^2.

Kontrolnu grupu čini 33 ispitanika, čija se radna mjesta nalaze u potpalublju i nisu izloženi mikrovalnom zračenju.

Radni staž izražen u godinama jednako je zastupljen u grupi ispitivanih i u kontrolnoj grupi.

Utvrdjivanje zdravstvenog stanja ispitanika ispitivano je na temelju unaprijed definiranih pretraga odredjenih specijalnosti, kao što je broj eritrocita, leukocita, trombocita, retikulocita, diferencijalna bijela krvna slika i količina hemoglobina.

Bioelektrična aktivnost centralnog nervnog sustava praćena je na elektroencefalografu, dok su karakteristične subjektivne smetnje dobivene iz anamnestičkih podataka za vrijeme specijalističkog pregleda.

Oftalmološka ispitivanja su obuhvatila životnu i radnu anamnezu, subjektivne smetnje, ispitivanje vida na daljinu i osjeta na boje, adaptaciju na tamu, a posebno uz široku zjenicu biomikroskopski pregled očnih leća kao i oftalmologiju očnog dna.

Kod ispitivanja sperme, zbog velikih razlika u apstinenciji ispitanika, kod obrade rezultata uzeta je u obzir pokretljivost i atipičnost spermatozoa.

REZULTATI

Ispitivanjem patoloških promjena u perifernoj krvi ispitanika s paluba i kontrolne grupe, utvrdjeno je da je došlo do smanjenja vrijednosti nekih elemenata. Statistički značajno su snižene vrijednosti retikulocita samo kod grupe ispitanika s paluba plovnih objekata ($|t|=3.29$, $p>0,05$). Takodjer su utvrdjene statistički značajne razlike za srednje vrijednosti hemoglobina, retikulocita i monocita kod ispitanika s komandnog mosta i kontrolne grupe ($|t|=2.3$, 4.79 i 2.24, $p<0,05$), dok su brojčane i srednje vrijednosti trombocita u granicama normale.(5)

Od subjektivnih smetnji najzastupljenije su preosjetljivost i impulzivnost, a utvrdjeno je da se javljaju kod 54% ispitanika s komandnog mosta, 39% ispitanika s paluba (pramac i krma) i 34% ispitanika iz kontrolne grupe. Iako je taj postotak najveći kod najeksponiranije grupe ispitanika, s komandnog mosta nije dokazana statistička značajnost u odnosu na ispitanike iz kontrolne grupe ($|t|=0.47$, $p>0.05$).

Sistematizacijom elektroencefalografskih nalaza nadjeno je da kod profesionalno izloženih ispitanika s paluba prevladavaju normalni nalazi i normalni nalazi visoke voltaže, te da nema statističke

značajnosti s obzirom na ispitanike iz kontrolne grupe ($t = 0.38$, $p > 0.05$).

Oftalmološki nalazi su bili kako kod ispitanika u eksponiranoj grupi tako i u kontrolnoj grupi, u granicama normale, osim nalaza na očnim lećama. Uz izrazito čiste leće postoje i leće s rjedjim i gušćim točkastim zamućenjima, ali njihova pojava kod eksponiranih članova s palube i komandnog mosta nije statistički značajna s obzirom na kontrolnu grupu ($|t| = 0.49$, 0.08, $p > 0.05$). Kod ispitanika obje grupe točkasta zamućenja leća zastupljena su najviše kod onih s radnim stažom do 10 godina, ali statistička značajnost nije dokazana.(6)

Kod ispitivanja atipičnosti spermatozoa nije utvrdjena statistička značajnost kod profesionalno izloženih ispitanika i kontrolne grupe ($|t| = 1.46$, $p > 0,05$), što više, nema ni statističke značajnosti u pojavi atipičnosti kod ispitanika s komandnog mosta, kao najizloženijeg brodskog lokaliteta i kontrolne grupe ($|t| = 0.07$, $p > 0.05$). (7)

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Evidentno je da je mikrovalno zračenje prisutno na plovnim objektima i da njegov intenzitet prelazi na pojedinim dijelovima palube maksimalno dopuštene granice. Iz literature je poznato da kronično izlaganje mikrovalnom zračenju slabijeg intenziteta dovodi do poremećaja u centralnom nervnom sustavu i kardiovaskularnom sustavu, te do promjena hematopoetskog sustava, što se najčešće očituje retikulocitozom, limfocitozom i monocitozom uz postupno opadanje broja krvnih stanica, leukocita, eritrocita i trombocita. (8,9)

Ispitivanjem elemenata periferne krvi kod profesionalno izloženih grupa ispitanika utvrdjena je samo statistički značajna razlika izmedju aritmetičkih sredina dobivenih vrijednosti za hemoglobin, retikulocite i monocite, dok se apsolutne vrijednosti broja trombocita kod ispitanika kao i srednje vrijednosti kreću u granicama normale.

Takodjer nisu utvrdjene značajne razlike u odstupanju od normalnih nalaza rezultata ispitivanja bioelektrične aktivnosti centralnog nervnog sustava i karakterističnih subjektivnih smetnji, profesionalno izložene grupe i kontrolne grupe.

Kod obje grupe ispitanika ustanovljena su samo lokalizirana točkasta zamućenja očnih leća, koja su nepravilno rasporedjene u kortek-su i nukleusu leća i nemaju utjecaja na oštrinu vida na daljinu. Prema literaturnim podacima zamućenja se obično pojavljuju na zadnjem dijelu leća ako je zračenje u frekventnom području od 2000 do 3000 mHz, na prednjem dijelu leće za frekventno područje od 3000 do 10000 mHz, dok zračenja ispod 1000 MHz nisu kataraktogena. (10,11)

Neki autori ova točkaska zamućenja smatraju pretečama za kas-niju pojavu katarakte, iako se znade da one mogu biti izazvane brojnim drugim faktorima, pa se ne može procijeniti koja su i u kojoj mjeri pos-ljedica profesionalne izloženosti mikrovalnom zračenju.

Odstupanja od normalnih vrijednosti za pokretljivost i atipič-nost spermatozoa nisu utvrdjena kod profesionalno izložene grupe kao ni kod kontrolne grupe.

Iz navedenih rezultata zaključujemo da su profesionalno izlo-ženi ispitanici tijekom rada poštivali režime ograničenja boravka u zoni mikrovalnog zračenja, odnosno da su se pridržavali mjera zaštite za vrijeme boravka na palubama plovnih objekata, pa nije došlo do značajni-jeg narušavanja njihovog zdravlja.

SUMMARY

The crew members of the sea going vessels are professionaly exposed to microwave radar radiation during their routine daily tasks. This paper evaluates the results obtained upon medical examination of a group of 63 professionally exposed persons and a control group of 33 persons. The results obtained show that the deviation from normality for the professionally exposed and the controls is not statistically significant.

LITERATURA

1. B.Dj.Popović: Osnovi teorije radarske tehnike, Sarajevo, 1970.

2. S.Baranski, P.Czerski, Hutchnson: Save Exposure Limits and Preventi-on and Health Hazards, Chapter 6.

3. Sol. M. Michaelson: Biomedical Aspect of Microwave Exposure, American Industrial Higiene Association Journal, 1970:338-345.

4. K.Marha, J.Musil, H.Tuha: Biological Effect of Elektromagnetic Waves and their Mehanism, San Francisko, 1979, 25-27.

5. R.Ermacora i sur.: Hematološke promjene u perifernoj krvi pomoraca RM profesionalno izloženih mikrovalnom zračenju, Pomorska medicina IV, 1987;173-176.

6. V.Bračić i Ljerka Alunić: Promjene na očima pripadnika RM profesionalno izloženih mikrovalnom zračenju, Pomorska medicina IV, 1987: 193-196.

7. Ljerka Alunić i J.Bakić: Mikrovalno zračenja i njegov utjecaj na pokretljivost i morfološko stanje spermija, Zbornik radova XIII simpozija zaštite od zračenja, Pula, 1986.

8. P.Czerski: Microwave Effect on the Bloodiforming Systems with Particular Reference to the Lymfocyte. A.N.J. Acad. Sci. 1975.

9. Z.Djordjević: Intenzitet mikrotalasnog zračenja u radarskim jedinicama i promjene u krvnim slikama radarista, Vojno sanitetski pregled br.11, 1970.

10. M.Siekierynski: A Study of the Health Status of Microwave Workers, Poland, 274-280.

11. DHEW Publication No (FDA)-73-8031. Results of Clinical Surveys for Microwave Ocular Effects, 1973.

CITOLOŠKI PREGLEDI SPUTUMA PRI RUDARJIH V RUDNIKU URANA ŽIROVSKI VRH

Mermolja M., Nikolić R.

Inštitut za pljučne bolezni in tuberkulozo Golnik, 64204 GOLNIK
Zdravstveni dom Škofja Loka, 64220 ŠKOFJA LOKA

Citološki pregledi sputuma spadajo med preventivne preglede, s katerimi želimo odkriti pljučni karcinom v kar se da zgodnjem stadiju. Opravljamo jih v določenih časovnih razmakih pri osebah s povečanim rizikom za nastanek pljučnega raka. Dokazano je namreč, da je razvoj pljučnega raka dolgotrajen proces, ki poteka v več stopnjah. Začne se s predkarcinozo, ki se kaže v obliki ploščato celične metaplazije bronhialnega epitelija, temu sledi karcinoma in situ, zgodnji invazivni karcinom in končno rentgenološko in klinično očiten invazivni karcinom.

V času, ko je nastajajoči karcinom še in situ ali v zgodnjem invazivnem stadiju, tumor rentgenološko še ni viden in tudi ne povzroča značilnih kliničnih simptomov. Maligne celice pa se v tem času že lahko luščijo v lumen bronha, zato obstaja možnost, da jih bomo v sputumu našli.

Ker v Inštitutu za pljučne bolezni in tuberkulozo na Golniku že več let opravljamo citološke preglede sputuma pri delavcih, ki delajo v jami Rudnika urana Žirovski vrh (RUŽV), želimo prikazati rezultate dosedanjega dela.

Material in metoda dela

S pregledi sputuma smo pričeli leta 1981. Praviloma pregledamo pri vsakem delavcu, ki dela ali je delal v jami RUŽV več kot 10 let, dvakrat letno po tri zaporedne, zjutraj izkašljane sputume.

Vzorce sputuma zbira usposobljen medicinski tehnik na ta način, da delavcem pred odhodom z dela razdeli posodice in jih poduči, kako naj se zjutraj izkašljajo in zberejo sputum. Pri bolnih in upokojenih delavcih, ki so pa ostali pod kontrolo, pa gre tudi na dom. Zbrane vzorce sputuma še isti dan dostavi v laboratorij Inštituta Golnik, kjer naredimo razmaze, jih obarvamo in pregledamo pod mikroskopom. Pri citološkem pregledu evalviramo prisotnost vseh vrst celic in njihovo številčnost tudi semikvantitativno ocenimo. Posebno pozornost namenjamo hudo spremenjenim metaplastičnim in drugim nenormalnim epitelnim celicam, ki bi lahko bile povezane s prisotnostjo karcinoma ali predkanceroze. Ne zanemarjamo pa tudi drugih celic, katerih prisotnost bi lahko bila pomembna za druge bolezni.

Laboratorij z rezultati pregleda seznani DMDPŠ Škofja Loka in SVD RUŽV, ki lahko nemudoma ukrepa, če bi bilo potrebno. Dobljene rezultate pregledov sputuma smo primerjali tudi s starostjo, kajenjem in dozo sevanja, ki so ji bili izpostavljeni rudarji.

R e z u l t a t i

Skupno smo od leta 1981 pa do konca leta 1990 pregledali 1869 vzorcev sputuma od 92 oseb. Delavci so bili večinoma kadilci. Več kot 10 let sledimo 9 oseb. To so delavci, ki so bili zajeti v študijo že prvo leto in so še vedno pod kontrolo. V kasnejših letih so se vključevali vedno novi, nekaj jih je pa tudi vsako leto odpadlo.

Atipične metaplastične ali atipične celice s povečanimi jedri smo skupno našli pri 29 osebah. Posebej smo obdelali tiste primere, pri katerih smo te celice našli večkrat. Za te namreč lahko domnevamo, da je sprememba v epitelu trajna - morda celo ireverzibilna. Oseb, pri katerih smo nenormalne celice našli večkrat, je bilo 9. Stari so bili 33 do 54 let. Kadilcev je bilo med njimi 5. Malignih ali na malignost sumljivih celic doslej še nismo našli pri nobenem delavcu.

Med drugimi celicami smo ovrednotili le prisotnost eozinofilnih granulo-

citov, ker smo domnevali, da so morda lahko povezani s kakšnim preobčutljivostnim dogajanjem. Skupno smo eozinofilce našli pri 16 osebah. Večinoma so bili prisotni le pri enem pregledu. Samo pri enem bolniku pa jih najdemo že več let pri vsakem pregledu.

D i s k u s i j a

Osnovni namen citoloških pregledov sputuma pri rudarjih v RUŽV je kar se da zgodnja diagnostika pljučnega raka. Med vsemi metodami, ki so na voljo za zgodnjo diagnostiko pljučnega raka, sta namreč najdalje v uporabi in dajeta tudi najboljše rezultate citologija sputuma in rentgenološki pregledi. Metodi se dopolnjujeta. Med tem ko so rentgenološki pregledi uspešnejši pri perifernih karcinomih, daje citologija sputuma boljše rezultate pri centralnih tumorjih, ki so v večini primerov drobno ali ploščato celični. V največji meri je proučen nastanek in razvoj ploščatoceličnega raka, ki je tudi najpogostnejši pri moških, zlasti, če so kadilci. Med karcinogeni, ki povzročajo pljučnega raka, je najbolj pomemben cigaretni dim. Med karcinogeni, ki jih redkeje srečamo, pa je v nekaterih poklicih potrebno upoštevati zlasti ionizirajoče sevanje. Zato marsikje v svetu poleg drugih načinov kontrole zdravstvenega stanja uporabljajo pri osebah, ki so izpostavljene večjemu riziku iozinirajočega sevanja, tudi citologijo sputuma. Upravičenost citoloških preiskav sputuma bazira na študijah večjega števila avtorjev, ki so ugotovili, da je razvoj pljučnega raka postopen, da se začne s predkancerozo, ki se kaže v obliki ploščato celične metaplazije, preide v karcinoma in situ in končno v invazivno obliko pljučnega raka. Maligne celice pa so lahko prisotne v sputumu že več let prej kot se pojavijo rentgenološki ali klinični znaki bolezni.

Kot je razvidno iz naših rezultatov, smo metaplastične celice našli skupno pri 31% pregledanih oseb. Pri 9 osebah so bile metaplastične celice prisotne več let zaporedoma. Nismo pa v nobenem primeru zasledili znakov, po katerih bi lahko sklepali, da postaja atipija hujša ali, da bi se pojavile celice z znaki malignosti. Tudi pri bolniku, pri katerem smo več let zaporedoma našli v sputumu eozinofilne granulocite, nismo ugotovili povezave z agensi, ki povzročajo alergijo.

Sklepi

V času dosedanjih pregledov sputuma pri jamskih delavcih v RUŽV nismo našli nenormalnih ali malignih celic, ki bi govorile za prisotnost maligno-ma ali progresivno naraščanje stopnje metaplazije. Za to je lahko več vzrokov. Najpomembnejši so naslednji.

1. Pregledovani delavci so v povprečju mlajši kot je povprečna starost bolnikov s pljučnih rakom.
2. Delež nekadilcev je razmeroma velik.
3. Ionizirajoče sevanje, ki so mu izpostavljeni jamski delavci v RUŽV, je pod dovoljeno mejo.

Kljub temu menimo, da je z ozirom na vse, kar je znanega o delovanju karcinogenov in razvoju pljučnega raka, potrebno s pregledi sputuma nadaljevati tudi, ko delavci prenehajo delati v rudniku.

Abstract

CYTOLOGIC EXAMINATION OF SPUTUM IN MINERS OF URANIUM MINE ŽIROVSKI VRH

The results of routine cytologic examinations of sputum performed twice a year in miners of uranium mine are presented. During years 1981-1990 1869 samples of sputum obtained from 92 persons were examined. Metaplastic cells were found in 29 persons. In 9 of them the metaplastic cells were present for several years. Increasing of the rate of atypia of metaplastic cells, suspicious or malignant cells haven't been found yet. Since the development of lung cancer is a long lasting process, the examinations of sputum should be continued also after the miners have stopped working in the mine.

ZRAČENJE PRI RADU SA VIDEOTERMINALIMA

Mihajlov A.
DRUŠTVENO PREDUZEĆE "NAFTA-GAS" NOVI SAD

Uvodjenje informacijskih sistema u svim oblastima ljudske delatnosti težnja je savremene civilizacije, posebno našeg društva koje sa uvodjenjem kompjuterske tehnologije u svakodnevni rad kasni za oko 30 godina iza razvijenih zemalja.

Računari i videoterminali pripadaju novoj tehnološkoj revoluciji a kompjuterska tehnologija predstavlja "conditio sine quanon" savremene civilizacije. Svaka nova tehnologija donosi nešto nepoznato i nikad nije isključen odredjeni rizik po zdravlje zaposlenih. Da li rad sa videoterminalima predstavlja opasnost po zdravlje operatera?

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE VIDEOTERMINALA

Videoterminal je električna mašina preko koje čovek komunicira sa računarom. Sastoji se od ekrana i elektronike za ulaz i izlaz informacija, tastature, štampača i drugo. Ekran videoterminala ima više tehničkih rešenja i to: na principu katodne cevi, tečnih kristala, plazme i elektroluminiscencije. Najveći broj ekrana videoterminala konstruisan je na principu katodne cevi.

ZRAČENJE VIDEOTERMINALA

Električni napon katodne cevi kreće se izmedju 12-15 kV za ekrane u crnobeloj tehnici i 15-25 kV za one u boji. Poznato je da pri ovakvim vrednostima napona u katodnoj cevi nastaje jonizujuće "X" zračenje. Upravo ovo zračenje videoterminala jeste jedan od problema koji je prisutan u funkciji zaštite na radu i

sve privlačniji za razne "stručnjake" za izradu zaštitnih filtera, naočara, kecelja itd. Pored katodne cevi "X" zrake emituje i visokonaponska elektronika. Ova jonizujuća zračenja, prema dosadašnjim istraživanjima, predstavljaju zračenja niske energije, pa prema tome imaju slabu prodornu moć i mali domet (1). Rezultati merenja ekspozicione doze, koja su vršena na velikom broju videoterminala od strane više autora, pokazuju da su vrednosti doze ispod tzv. dopuštenih nivoa a najčešće u granicama prirodnog fona. Na osnovu ovih rezultata Svetska zdravstvena organizacija došla je do zaključka da jonizujuće zračenje sa ekrana videoterminala ne predstavlja nikakav rizik po zdravlje operatera, pa čak ni po zdravlje trudnica, te da se ovo zračenje praktično može zanemariti (1). Utvrdjeno je da starenjem uredjaja i njegovom eksploatacijom ne dolazi do povećanja nivoa zračenja. Sve ovo odnosi se na tehnički ispravne videoterminale. Nadjeni su nedopušteni nivoi zračenja kod neispravnih videoterminala, što je sa aspekta zaštite zdravlja i zaštite na radu veoma značajan podatak.

Sa ekrana videoterminala emituju se i nejonizujuća zračenja i to: ultraljubičasto, infracrveno, kao i radio i mikro talasi i elektromagnetsko zračenje. Rezultati merenja intenziteta nejonizujućih zračenja pokazali su da su ona dovoljno slaba da bi mogla izazvati oštećenje zdravlja operatera.

MEDICINSKI PROBLEMI RADA SA VIDEOTERMINALIMA

Interesovanje svetske javnosti za problem rada na videoterminalima postalo je naročito izraženo posle saopštenja o velikom broju kongenitalnih anomalija kod novorodjenčadi operatera, zatim o spontanim pobačijima trudnica i sl. Ovakva saopštenja pojabila su se početkom devete decenije (1980.g.) u Kanadi i SAD.

Pojava katarakte kod dvojice mladih američkih novinara, koji su radili na VDT-a, bila je povod da se sprovede opsežno istraživanje zračenja sa VDT-a. Ovo istraživanje inicirao je i sproveo Savezni institut zaštite na radu i zdravlja SAD i dokazao da su zračenja sa videoterminala, kako jonizujuća, tako i nejonizujuća, u granicama dozvoljenog standarda. Što se pojave katarakte tiče, postoje različita mišljenja. Neki autori navode da do sada nema podataka da rad sa VDT-om utiče na pojavu katarakte (1). Drugi navode veliki procenat zamućenja očnog sočiva kod njihovih ispitanika (3). Djordjević i Panov navode da su našli zamućenje očnog sočiva kod 10% eksponiranih radnika malim dozama jonizujućeg zračenja (4). Mikrotalasni zraci izazvali su značajno smanjenje ATP-a u homogenatu očnog sočiva u eksperimentu kod pacova (5) itd.

U simptomatologiji poremećaja funkcije i organskih promena organa vida, pri radu sa videoterminalima, navode se promene na krvnim sudovima očnog dna, zamor, smanjena oštrina vida i dr.

Da li postoji korelacija izmedju ovih pojava i zračenja sa videoterminala do sada nije sa sigurnosti dokazano. U Stokholmu je 1986. god. održan Internacionalni simpozijum o problemima rada sa videoterminalima, gde je na osnovu dosadašnjih iskustava zaključeno da ispravni videoterminali ne predstavljaju nikakvu opasnost za zdravlje operatera, pa prema tome ne postoje razlozi niti potreba da se pri radu sa njima koriste zaštitna sredstva, kao što su kecelje, zaštitni filteri, naočare i dr.

Što se tiče ispravnosti VDT-a, mišljenja smo da bi trebalo uvesti obaveznu kontrolu tehničke ispravnosti i kontrolu zračenja videoterminala. Pored toga, bilo bi korisno da se proizvodjači ove opreme obavežu na obavezno atestiranje VDT-a sa navodjenjem vrste i jačine zračenja sa ekrana.

Odgovarajuće institucije morale bi da donesu standarde i normative iz ove oblasti, a zdravstvena služba da prati zdravstveno stanje operatera, kako bi kroz opsežne epidemiološke studije odgovorila na pitanje o vezi izmedju pojave pojedinih oboljenja i rada sa videoterminalima.

ABSTRACT

Based on data from available literature, the paper discusses the hazards connected with operations at video terminals. The concepts of the WHO and NIOSH are presented. Epidemiologic research is proposed for recognition of all health risks to which the video-terminal operators are exposed.

L I T E R A T U R A:

1. Milićević S., Hrnjak M., Simonović J.: Neki ergonomski i medicinski problemi pri radu sa videoterminalima, "POZADINA" broj 6/88.

2. Časopis "Zaštita radnika na radu": Rad na videoterminalima (61), 4/90, Beograd.

3. Šarić A., Goldoni J.: Zdravstveni učinci rada sa videoterminalima, Zbornik radova, XIV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja (418), Novi Sad, 1987.

4. Djordjević S., Panov D., i sar.: Ispitivanje učestalosti opaciteta očnog sočiva kod radnika izloženih malim dozama jonizujućeg zračenja, Knjiga rezimea, VII Kongres medicine rada Jugoslavije, Budva, 1987.

5. Poštić-Grujin A., Savić S., Višnjić V.: Uticaj mikrotalasnog zračenja na depoe energije u sočivu pacova, Knjiga rezemea, VII Kongres medicine rada Jugoslavije, Budva, 1987.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
NEUM, 28-31.05. 1991.

BIOMONITORING KAO DOPRINOS RANOJ DIJAGNOZI I ZAŠTITI RADNIKA U NUKLEARNOJ MEDICINI

S. Milačić, S. Dodić, G. Joksić, J. Knežević

UKC, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović", Beograd, Deligradska 29.

Medju radnicima u nuklearnoj medicini posebno smo analizirali one koji su više od 10 godina radili sa radioaktivnij jodom.

U više navrata uzimana je kompletna krvna slika, aktivnost enzima u neutrofilnim granulocitima, kao i morfološka analiza perifernih krvnih razmaza. Radjene su hromozomske aberacije u limfocitima periferne krvi i merena je kontaminacija urina.

Numeričke promene u krvnoj slici i to trombocitopenije i neutropenije nadjene su u 7 od 26 obradjenih slučajeva, a u većine su prisutne morfološke promene u granulocitima. Aktivnost mijeloperoksidaze je ispod 80 u 18 slučajeva. Karakteristične hromozomske aberacije imalo je 11 radnika. Najviša aktivnost urina je 65,8 Bq/l, što je ispod godišnje granice unošenja za kontinuiranu ekspoziciju.

Uvod

Jedinjenja obeležena izotopima joda su prva dostigla vrlo široku primenu u nuklearnoj medicini, gde se i danas mnogo koriste in vivo. Ima 9 izotopa joda od kojih se kod nas najviše koristi J-131, koji se dobija u reaktoru nuklearnom reakcijom[1].

Vreme poluraspada J-131 je 8 dana, a efektivno vreme poluizlučivanja 7,6 dana. Zbog toga, kao i zbog postojanja prehrambenog lanca, J-131 je dominantni unutrašnji kontaminant u slučaju bilo kojeg akcidenta koji uključuje postojanje fisijskih produkata[2].

J-131 je beta i gama emiter. Vrlo je rastvorljiv, te se brzo apsorbuje u krv bez obzira da li je u telo unet ingestijom, inhalacijom ili preko kože. Iz krvi 30% odlazi u štitnjaču, obzirom na njen veliki afinitet za jod, a ostatak se ekskretuje urinom, Jod u štitnjači postaje organski jodid, koji će se uniformno distribuirati po svim tkivima, a 10% izlučiti fecesom.

Mada se štitna žlezda u odraslih smatra relativno radiorezistetnim organom, unutrašnja kontaminacija može biti uzrok

radijacionog tireoiditisa kod većih doza, a hipotireoze i karcinoma kod manjih doza, ponekad s latencijom od 20 godina[2].

Do kontaminacije J-131 može doći u akcidentalnim prilikama medju stanovništvom, ali i u profesionalno izloženih lica.

Interesovalo nas je da li merenje kontaminacije jodom i praćenje bioloških efekata u kontrolisanoj kontinuiranoj profesionalnoj ekspoziciji može ukazati na početne promene od značaja za zaštitu zdravlja radnika u nuklearnoj medicini.

Materijal i metode

Analizirali smo 26 radnika koji su više od 10 godina radili sa radioaktivnim J-131.

U više navrata odredjivan je broj ćelijskih elemenata periferne krvi (leukociti, eritrociti, trombociti) iz uzoraka venske krvi. Mikroskopirani su kapilarni razmazi bojeni M.G.-Giemsa-om za odredjivanje leukocitne formule i morfološku analizu ćelija. Razmazi periferne krvi bojeni su na alkalnu fosfatazu i mijeloperoksidazu modifikovanom metodom po S.L. Kaplowu. Veličina aktivnosti računata je semikvantitativno i izražena u vidu skora[4].

Uradjena je citogenetska analiza hromozomskih aberacija u limfocitima periferne krvi, BODR-tehnikom[5].

Merenja je kontaminacija urina J-131. Prethodno pripremljen uzorak dvadesetčetvoročasovnog urina meren je na gama-aktivnost u Gamaspektrometru[3].

Rezultati i diskusija

Rezultati su prikazani u tabeli

Red. br.	Krvna slika	Morfol. promene	MPL	MPO	Hrom. aber.	Kontam. urina	Profes. oboljenja
1.	B.O.	B.O.	25	70	-		
2.	B.O.	B.O.	34	85	-		
3.	B.O.	B.O.	30	60	+		Cataracta ou
4.	B.O.	B.O.	32	58	+		
5.	B.O.	B.O.	20	52	+	IGD	
6.	B.O.	Toksične granulac.	22	44	+	0,2 Bq/l	
7.	L=3,9	N 44% tok.gran.	26	50	+	IGD	Leucopaenia
8.	B.O.	Tok.gran.	26	66	+	IGD	Cataracta ou
9.	B.O.	B.O.	66	88	-		
10.	B.O.	B.O.	70	92	-		
11.	B.B.	B.O.	72	102	-		
12.	Tr=134	B.O.	40	35	+		Thrombocytop.
13.	B.O.	B.O.	70	65	-		
14.	B.O.	B.O.	64	38	-		
15.	Tr=132	Tok.gran.	40	46	-		
16.	Le=10,5 Tr=146	Hipersegm. toks.gran.	24	68	+	65,8Bq/l	Thrombocytop. Leucocytosa Cataracta ou
17.	B.O.	B.O.	58	52	-		
18.	B.O.	B.O.	60	92	-	IGD	
19.	Le=4,1 Tr=140	tok.gran.	20	36	+		Thrombocytop.
20.	Er=3,2 Le=4,o Tr=138	tok.gran N 44%	62	44	+		Pancytopenia
21.			72	78	-		
22.	Le=4,1 Er=3,1	tok.gran. hipersegm.	32	42	+		Anaemia Leucocytopen.
23.	B.O.	tok.gran.	46	72	-		
24.	B.O.	B.O.	56	128	-		
25.	B.O.	B.O.	68	156	-		
26.	B.O.	B.O.	72	166	-		

Kao što se vidi iz tabele, izolovana leukopenija je nadjena u jednom slučaju, praćena smanjenim procentom neutrofilnih granulocita (N 44%) u formuli, sa toksičnim granulacijama u citoplazmi APL je na donjoj granici (20-80) a MPO je snižena, tj. ispod 80. Hromozomske aberacije su ukazale da je absorbovana doza veća od dozvoljene. Aktivnost urina na J-131 je ispod granice detekcije (IGD).

Sniženi broj leukocita praćen sniženjem vrednosti trombocita konstatovan je u 2 slučaja a udružen sa sniženim brojem eritrocita takodje u 2 slučaja, dok su u jednom slučaju smanjene vrednosti svih ćelijskih elemenata (Pancytopenia). Umereno povećanje broja leukocita sa sniženjem trombocita postoji u jednom slučaju, a u 2 slučaja je snižen broj trombocita, bez promena u broju leukocita. U svim ovim slučajevima, aktivnost MPO je značajno snižena, dok je APL u dopuštenim granicama. Takodje, sem u 1 slučaju, uočene su morfološke, ma da ne specifične promene hipersegmentovanih granulocita. Osim u jednom slučaju povećana je i frekvenca hromozomskih aberacija. Profesionalno oboljenje hematopoeznog sistema utvrdjeno je u 6 slučajeva.

U ostalih ispitanika u kojih nema numeričkih poremećaja krvnih elemenata u 11 se zapaža sniženje aktivnosti enzima,naročito MPO. U 8 ispitanika nema nikakvih promena. U 3 slučaja nadjena je profesionalna katarakta koja je u jednom slučaju udružena i sa profesionalnim oštećenjem hematopoeze. Ovde je i kontaminacija urina najveća (65,8 Bq/l), mada ispod godišnje granice unošenja.

Izvesno neslaganje radiotoksikoloških analiza sa biološkim pokazateljima povećane absorbcije zračenja proističe iz razlika samih metoda. Aktivnost urina na J-131 je rezultat interne kontaminacije jodom neposredno (najviše 5 dana unazad) a pravi uvid bi dalo kontinuirano merenje kontaminacije.

Zaključak

U većine radnika (69%) izloženih J-131 posle 10 godina ekspozicije javile su se promene na najosetljivijim ćelijama (enzima hromozomske aberacije). Utvrdjene su profesionalne bolesti radiosenzitivnih organa (hematopoeza,očno sočivo) pre

pojave oboljenja štitnjače. To ukazuje na potrebu praćenja bioloških efekata na senzitivnim tkivima radi ranog otkrivanja oštećenja.

Literatura

1. Djordje Bek-uzarov i saradn.: Radioaktivni izotopi i zračenje, Univerzitet u Beogradu, Instit. za nukl. nauke "B. Kidrič", Vinča, Beograd 1985, 179-180.

2. B. Kargačin: Unutrašnja kontaminacija radionuklidima i metode terapije, Arh. hig. rada toksikol. Vol. 35 No 2, 1984, 199-225.

3. ICRP Publication 54, Annals of the ICRP, Vol 19, No 1-3 1988., 141-151.

4. S. Milačić: Ispitivanje aktivnosti alkalne fosfataze i peroksidaze u granulocitima periferne krvi, pod uticajem jonizujućeg zračenja,Mag. rad, Med. fakultet, Beograd, 1990, 28-33.

5. Joksić G., Marković B., Panov D.: Analiza hromozomskih aberacija kod lica koja rade sa otvorenim izvorima zračenja. God. zbor. Med. fakulteta, Skoplje, 34 suppl 1, 1988,96-97

6. B.B. Borisova, T.M., Voevodina, A.V. Federova, H.G. Jakovljeva: Biologičeskie efekti pri gliteljnom postupljenim radionuklidov, Energoatomizdat, Moskva, 1988., 45-75

BIOMONITORING AS A CONTRIBUTION TO EARLY DIAGNOSTICS AND PROTECTION OF NUCLEAR MEDICINE PROFESSIONALS

Abstract

Among the professional in Nuclear medicine we have particularly analysed those who were dealing more that ten years with radioactive iodine.

We repeatedly analysed complete blood counts, enzymes activities in neutrophilic granulocytes and performed morphological analyses of peripheral blood smears. Chromosomal abberations in peripheral blood lymphocytes were performed and urine contamination was measured.

In 7 out of 26 analysed cases numeric changes of blood counts occured (thrombocytopenia and neutropenia). Morpholigic changes of granulocytes were present in most of the cases. Myeloperoxidase activity of less than 80 was present in 18 cases. Eleven patients had characteristic chromosomal abberations. The highest urine activity was 65,8 Bq/l, which was lower than anual cutoff absorbtion value in case of continual exposure.

KATARAKTA U RADNIKA IZLOŽENIH MALIM DOZAMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

V. Nikolić, S. Milačić, M. Tomašević, D. Mirković

Univerzitetski klinički centar
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Poznato je da se katarakta kao nestohastički efekt jonizujućeg zračenja na očnom sočivu javlja kad je apsorbovana doza iznad 0,15 Gy. Posmatrali smo pojavu katarakte kod radnika koji rade u uslovima kontrolisane ekspozicije, izuzetno malim dozama, gde je moguće da je zračenje odigralo ulogu kofaktora.

Analizirali smo grupu profesionalno eksponiranih radnika sa dijagnostikovanom kataraktom u pogledu drugih etioloških faktora, s posebnim osvrtom na zračenje.

Rezultati su distribuirani po starosnim grupama i na osnovu ekspozicionog radnog staža.

Godišnje granične doze merene TL dozimetrima nisu prelazile godišnju graničnu dozu za profesionalce.

UVOD

Štetno delovanje jonizujućih zračenja na organ vida, s predominacijom na očnom sočivu, predstavlja stalan problem za lekare koji se bave zdravstvenom kontrolom lica profesionalno izloženih jonizujućim zračenjima. Zbog toga se u našem Institutu od 1962. godine vrši redovna oftamološka kontrola lica koja rade u zoni jonizujućih zračenja. U dosadašnjim stručnim publikacijama naših lekara došli smo do rezultata da je pojava presenilne katarakte osam puta češća kod lica profesionalno eksponiranih jonizujućim zračenjima nego u opštoj populaciji.

Pojava katarakte kod absorbovane doze 0,15 Gy i više smatra se nestohastičkim efektom jonizujućeg zračenja. Međutim lica koja se kontrolišu u našem Institutu rade u uslovima kontrolisane ekspozicije izuzetno malim dozama.

Zbog toga nam je bio cilj da razmotrimo ulogu malih doza zračenja kao kofaktora u nastojanju presenilne katarakte.

MATERIJAL I METODE

Analizirali smo podatke iz zdravstvenih kartona 45 osoba koje su radno aktivne, a kod kojih je registrovana katarakta. Interesovalo nas je zanimanje, godina starosti, kad je katarakta prvi put registrovana, kao i dužina ekspozicionog radnog staža do tog trenutka.

Za svakog od radnika imamo dozimetrijske podatke da su u toku ERS bili izloženi zračenju ispod godišnjih graničnih doza za profesionalce. Posebnu pažnju smo obratili na druge moguće etiološke faktore u nastanku presenilne katarakte.

REZULTATI

Uzimajući u obzir starosnu dob od 56 godina kao granicu između presenilne i senilne katarakte, u grupi od 45 osoba dobili smo da je kod 4 registrovana kongenitalna, kod 3 traumatska katarakte. Za 29 možemo reći da imaju presenilnu, a za 9 senilnu kataraktu.

U tabeli 1. dat je prikaz zanimanja za grupu 29 radnika sa dijagnostikovanom presenilnom kataraktom.

Tabela 1.

RADIOLOZI	7
Ro TEHNIČARI	10
STOMATOLOZI	3
PNEUMOFTIZIOLOZI	3
FIZIČARI	2
TEHNOLOZI	2
RUDAR	1
BOLNIČAR	1

Prosek životne dobi kad je presenilna katarakta prvi put dijagnostikovana dat je na tabeli 2.

Tabela 2.

30-40	41-45	46-50	51-56
3	6	3	17

Dužina ekspozicionog radnog staža data na tabeli 3.

Tabela 3.

ERS u god.	
do 5	1
6-10	4
11-15	2
16-20	9
21-25	5
26-30	5
31-35	1
36-40	2

Uzimajući u obzir i druge etiološke faktore u nastanku presenilne katarakte našli smo da je 7 radnika bolovalo od blage esencijalne hipertenzije, jedan od dijabetesa regulisanog oralnim antidijabeticima i kod jednog je dijagnostikovan latentni dijabetes.

DISKUSIJA:

Iz navedenih podataka može se zaključiti da je presenilna katarakta dijagnostikovana najviše u grupi radiologa i radioloških tehničara (58,6%) što se i u praksi opravdava činjenicom da su to radnici koji više od 2/3 radnog vremena provode u zoni jonizujućeg zračenja.

Po prvi put presenilna katarakta je registrovana u grupi između 50 i 56 godina starosti. (58,6%) i jedan blaži pik između 41 i 45 god. (20,6%).

Dužina ekspozicionog radnog staža igra veoma važnu ulogu. Najviše je radnika imalo 16-20 godine ERS, a u celini to su radnici koji u zoni jon. zračenja rade od 15-30 godina.

Na osnovu dozimetrijskih podataka možemo reći da nijedan radnik nije primio preko granične godišnje doze za profesionalce (50 mSv).

Drugi etiološki faktori kao blaga esencijalna hipertenzija i blagi poremećaj glikoregulacije nisu dovoljno jaki razlizi za nastanak presenilne katarakte.

Zbog toga možemo zaključiti da i u uslovima kontrolisane profesionalne ekspozicije izrazito malim dozama, jonizujuće zračenje može da kao kofaktor igra ulogu u nastanku presenilne katarakte.

Literatura:

Mirković D., Savić S., Tomašević M.: Metodology of eye examination of persons chronicaly exposed to ionizing radiation.
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr R. Karajović", Beograd: Analiza o ozračivanju radnika koji rade sa izvorima jonizujućih zračenja, 1986. g.
Jeremić M., Savić S., Kilibarda M., Panov D.: Katarakta kao profesionalno oboljenje i kontraindikacije za rad u zoni jonizujućih zračenja.

CATARACT WITH THE WORKERS EXPOSED TO SMALL DOSES OF IONIZING RADIATION

Nikolić V., Milačić S., Tomašević M., Mirković D.

RESUME:

It is considered that cataract occurrence represents a non stochastic effect of ionizing radiation on the eye lens when the absorbed dose is above 0.15 Gy. However, we observed the occurrence of cataract in situations of controlled exposure to extremely low doses, where it was possible that radiation had a role of a cofactor.

We examined a group of professionaly exposed workers and analysed the cataract incidence with consideration of possible etiological factors and especially of radiation.

The results are distributed according to age groups and exposure duration.

The annual absorbed doses measured by TLD are below the annual limited doses for professionals.

Institute of Occupational and Radiological Haelth - Belgrade

INFRACRVENO ZRAČENJE I EFEKAT STAKLENE BAŠTE

Stojanović D. i Jeremić M.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Efekat staklene bašte je ekološki fenomen koji uslovljava dugoročne klimatske promene u atmosferi Zemlje i u kome infracrveno zračenje igra bitnu ulogu. Izraz "efekat staklene bašte" potiče od sličnog fenomena koji se odigrava u staklenoj bašti, čiji zidovi propuštaju toplotne zrake u unutrašnjost bašte ali sprečavaju odavanje toplote u spoljnu sredinu.

Naša planeta dobija energiju od zračenja koje emituje Sunce kroz interplanetarni vakum. Gotovo polovina te energije pripada infracrvenom zračenju, koje apsorbuju zemljino tle i vodene površine. Temperatura na površini Zemlje rezultat je ravnoteže koja se uspostavlja izmedju apsorbovane energije i energije infracrvenog zračenja /većih talasnih dužina/ koju Zemlja ponovo emituje u atmosferu. Molekuli azota /N_2/ i kiseonika /O_2/, koji sačinjavaju gotovo celokupnu sadržinu atmosferskog vazduha, transparentni su za infracrveno zračenje kao i vidljiva svetlost. Nasuprot tome, izvesni molekuli prisutni u vazduhu imaju opsege apsorbcije u oblasti infracrvenog zračenja. To je slučaj sa vodenom parom /H_2O/, ugljen dioksidom /CO_2/, metanom /CH_4/ i nekim drugim gasovima koji se u atmosferi nalaze u manjim količinama. Atmosfera, znači, u znatnoj meri apsorbuje infracrveno zračenje koje se emituje prema kosmosu. Deo tog apsorbovanog zračenja vraća se ka zemljinoj površini i zagreva donje slojeve atmosfere. Reemitovano zračenje upravljeno prema Zemlji uzrok je nastanku efekta staklene bašte/1/. Zahvaljujući

efektu staklene bašte prosečna temperatura na zemljinoj površini održava se na sadašnjih 15°C umesto -17°C, koliko bi ona iznosila da tog efekta nema /2/. Efekat staklene bašte je, dakle, prirodna pojava bez koje život na našoj planeti ne bi bio moguć. Medjutim, ravnoteža izmedju apsorbovane energije i energije zračenja ponovo emitovane sa Zemlje u atmosferu, koja je održavana milenijumima, ozbiljno je poremećena. Od početka industrijske revolucije u drugoj polovini osamnaestog veka koncentracije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte u stalnom su porastu. Povećanje koncentracija tih gasova, uslovljeno prvenstveno korišenjem fosilnih goriva, sprečava odavanje toplote sa zemljine površine u svemir, što će imati za posledicu porast temperature na čitavoj planeti i njeno postepeno zagrevanje. Obična linearna ekstrapolacija povečanja količina ugljen dioksida, koje su do sada već konstatovane, dozvoljava da se predvidi udvostručenje tih koncentracija oko sredine dvadeset i prvog veka /Sl.1/, ukoliko novi izvori energije ne budu zamenili fosilna goriva. Za to vreme srednja temperatura na zemljinoj površini uvećala bi se, prema nekim proračunima, od 3,5°C do 4,2°C /3/. To zagrevanje će izazvati velike klimatske promene na celoj planeti koje će usloviti pomeranje klimatskih zona prema polovima, intenzivne i dugotrajne letnje suše u inače umerenim regionima, povećanje broja tropskih ciklona, topljenje ledenih santi na arktiku, podizanje nivoa mora itd. Može se smatrati da su klimatske promene već predodredjene koncentracijama gasova sa efektom staklene bašte koji su do sada izbačeni u atmosferu /2/.

Mogućnost da ljudske aktivnosti mogu da naruše sastav atmosfere i promene klimu na našoj planeti u toku poslednjih decenija sve više privlače pažnju naučnika i raznih medjunarodnih organizacija, kao što su Medjunarodni savet naučnih saveza /CIUS/ i Svetska meteorološka organizacija /OMM/ /4/.

Najvažniji meteorološki parametar koji se koristi za analizu klimatskih promena predstavljaju promene temperature vazduha. Prema podacima sovjetskih autora /5/ analiza srednjih godišnjih temperatura ukazuje da je porast temperatura na severnoj polulopti počeo u prvoj polovini šezdesetih godina ovog veka.

U cilju procene klimatskih promena u našoj prirodnoj okolini izvršena je analiza temperaturnih promena u prizemnim slojevima vazduha, u toku poslednjih sto godina. Analiza je zasnovana na podacima Hidrometeorološkog zavoda Srbije /6/ o srednjim vrednostima temperature u Beogradu, po mesecima, godinama i dekadama, za period od 1891. do 1990.godine. Na osnovu izvršene analize dobijeni su sledeći podaci:

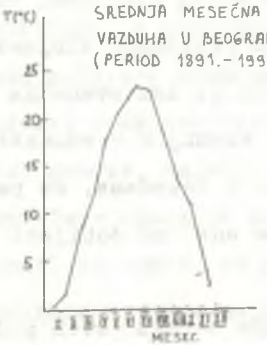
- srednja godišnja temperatura vazduha u toku prvih pedeset godina /1891-1940/ kretala se, po dekadama, izmedju 11,2°C i 11,7°C /sl.2/. U prvoj i drugoj dekadi srednja godišnja temperatura iznosila je 11,2°C, u trećoj 11,3°C, u četvrtoj 11,7°C i u petoj 11,4°C. /U poslednjoj godini pete dekade srednja godišnja temperatura iznosila je 9,7°C, i to je bila najhladnija godina u celom stogodišnjem periodu/;

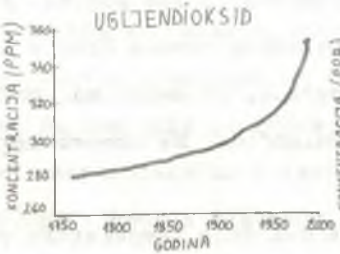
- u toku prvih pedeset godina posmatranog perioda srednja godišnja temperatura iznosila je 11,4°C;

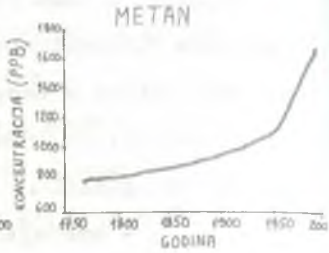
- srednja godišnja temperatura vazduha u toku poslednjih pedeset godina /1941 - 1990/ kretala se, po dekadama, izmedju 11,8°C i 12,0°C. U šestoj dekadi srednja godišnja temperatura iznosila je 12,0°C, u sedmoj 11,9°C, osmoj i devetoj 11,8°C i u desetoj 11,9 °C. U tom posmatranom periodu srednja godišnja temperatura iznosila je 11,9°C;

- u toku poslednjih pedeset godina /1941 - 1990/ srednja godišnja temperatura vazduha porasla je za o,5°C /od 11,4 do 11,9°C.

Iz iznetih podataka vidi se da je srednja godišnja temperatura vazduha u toku poslednjih pedeset godina u Beogradu znatno porasla, što ukazuje na opravdanu pretpostavku da je uticaj efekta staklene bašte počeo da se ispoljava i u našim klimatskim uslovima.







Abstract

Infrared radiation and greenhouse effect. - The influence of the greenhouse effect on the climatological changes in the atmosphere of the earth is presented. Analysis of annual mean values of air temperature in Belgrade during last hundred years suggests that the influence of the greenhouse effect begun to perceive in our climatological conditions.

Bibliografija

1. Miller J.: Greenhouse effect, Encyclopedia americana, New York, 1976, Vol. 13, 455.

2. Lansiti E. et Niehaus F.: La production d ènergie et la concentration atmosphèrique des gaz responsables de l effet de serre, AIEA Bulletion, 1989, 2, 12-2o.

3. Royer J.: Le climat du XXIe siècle, Supplèment la Recherche No. 2o1, 1986, 42-5o.

4. Svetska meteorološka organizacija, Globalno otopljenje, SMO br.741, Ženeva, 199o, 1-16.

5. Budiko M.: Sovremennoe izmenenie klimata, In: Evolucija biosferi, Lenningrad, Gidrometeoizdat, 1984, 38o-41o.

6. Republički hidrometeorološki zavod Srbije, Rezultati osmatranja meteorološke opservatorije u Beogradu u periodu 1887-1986, Beograd, 1987, 28-3o.

ZAŠTITA U MEDICINSKIM RENDGEN DIJAGNOSTIKAMA REPUBLIKE HRVATSKE - DANAS

Prlić I., Cerovac H., Novaković M.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu - Odjel za zaštitu od zračenja

Sažetak: Zaštita radnika koji rade uz izvore ionizirajućih zračenja u medicinskim rendgen dijagnostikama u republici uglavnom zadovoljava zakonske propise. Veći problem predstavlja tehnološko zastarijevanje rendgen uređaja i opreme koja više nije u stanju udovoljiti dijagnostičkim zahtjevima. Zastarjela i neodržavana oprema predstavlja rizik od nepotrebnog ozračivanja zaposlenog osoblja, no još je veći rizik koji takova oprema predstavlja za pacijente.
Kada danas govorimo o stanju zaštite mislimo na dvije stvari, na zaštitu profesionalno izloženog osoblja i na zaštitu pacijenata. Zaštita profesionalno zaposlenog osoblja propisana je zakonskim propisima kojise u našoj republici uglavnom poštuju. Pravilnici doneseni na temelju zakona o zaštiti od ionizirajućeg zračenja propisuju i zaštitne mjere koje se moraju poduzimati u cilju zaštite pacijenata od prekomjernog i nepotrebnog ozračivanja. Često puta je i dijagnostički postupak nemarno ili čak nestručno proveden. Najveća nemarnost stučnog osoblja odnosi se na neposrednu zaštitu pacijenata za vrijeme dijagnosticiranja. To posebno vrijedi za pedijatrijske pretrage prilikom kojih se često uz male pacijente ozračuje i medicinsko osoblje i to zbog toga što ne postoji primjerena zaštitna oprema za djecu ili je osoblju na rendgenu teško i dugotrajno propisno pripremiti male pacijente.

QA i QC programi jesu međunarodno propisane norme i metodologija koja služi za redovnu kontrolu svih fizikalnih, medicinskih i radnih parametera koji utječu na konačni proizvod u rendgen dijagnostikama - na rendgensku snimku koja je dijagnostički pouzdana i kvalitetna i za čiju proizvodnju je pacijent bio najmanje opterećen zračenjem.

Uvod: QA (Quality assurance) i QC (Quality control) programi se u svijetu provode već duže vrijeme. Mi smo u zakašnjenju nekoliko godina. Najveći problem je bila nabavka mjernih instrumenata i ostale opreme minimalno potrebne za provođenje mjerenja. Za sada posjedujemo opremu za provođenje QA/QC i već dvije godine radimo osnovna mjerenja propisana QA/QC programom. Osnovne postavke programa dane su i u odgovarajućem Pravilniku. Od QA/QC programa očekujemo mnogo relevantnih podataka o stvarnom stanju rendgen opreme u republici. U zadnje dvije godine, svi novopostavljeni rendgen uređaji prekontrolirani su i izmjereni su im parametri koji utječu na kvalitetu zračenja. Pošto u republici imamo najviše rendgen uređaja koji su stariji od 10 godina potrebno je sve njih podvrgnuti kontroli. Konačni cilj je uvođenje QA/QC programa u svaki rendgen odjel u republici i to tako da svaki odjel ima minimum mjernih instrumenata za kontinuirano provođenje QA/QC i da za takova mjerenja ima osposobljene ljude. To je jedini način da se osigura stalna kontrola kvalitete zračenja i zaštita pacijenata i zaposlenog osoblja prema važećim svjetskim normama.

Zaštita zaposlenog osoblja: Rendgen dijagnostika u našim bolnicama, domovima zdravlja, zdravstvenim stanicama i antituberkuloznim dispanzerima uglavnom zadovoljavaju propise o zaštiti od zračenja. To je posljedica postojanja pozitivnih zakonskih propisa kojih su se zaposleni uglavnom držali, naravno uz pomoć stalnog inspekcijskog nadzora. Na žalost inspekcijski nadzor i danas je nezamjenjiv. Još uvijek se nije moguće osloniti na profesionalnost i radnu svijest ljudi koji sudjeluju u planiranju i izgradnji rendgen dijagnostika. Naši građevinari uglavnom nemaju pojma o materijalima i načinu građevinske izvedbe kvalitetne zaštite od zračenja. Mnogi materijali koji pružaju dobru zaštitu i uz koje se može nesmetano raditi nisu nam zbog traljave ekonomije dostupni, pa se mnoge stvari improviziraju. Nabavka novih rendgen uređaja često je posljedica nekih osobnih potreba liječnika ili je posljedica napadne propagande trgovaca koji tek nemaju veze sa zaštitom. Kupuju se uređaji uz koje ne postoji niti tehnička niti bilo koja druga dokumentacija i ugrađuju se u prostore koji nisu prethodno propisno adaptirani. Pri tome zamjeramo medicinskom osoblju što kupuje opremu bez konzultacija o stvarnim potrebama, građevincima što utjeruju svoju građevinsku pravdu tamo gdje ne treba i konačno zaposlenom osobIju koje improvizira na uređajima za koje nezna što ustvari mogu. Velike probleme rendgen dijagnostikama imamo i sa ventilacijom tih prostorija. To nije najbitniji faktor zaštite no pokazalo se da ionizacija zraka u prostoriji uvjetuje kemijske promjene zraka koji ipak utiču na zdravlje zaposlenih. Ti efekti su u svijetu u fazi istraživanja i potvrđivanja. Njih se može izbjeći jednostavno i efikasno primjerenom ventilacijom radnih prostorija u kojima rade rendgen uređaji. Mjerenjem koncentracije slobodnih iona u zraku na radnom mjestu moguće je dobiti relevantan podatak o stanju ventilacije.
VAŽNO JE ISTAĆI DA STOPOSTOTNE ZAŠTITE OD IONIZIRAJUĆEG ZRAČENJA **NEMA** i to jednostavno zbog prirode elektromagnetskog zračenja. To je činjenica koju dobar dio medicinskog osoblja ne uvažava.

Zaštita pacijenata: Svako medicinski opravdano ozračivanje rendgenskim zračenjem je dozvoljeno. Izjava pretpostavlja da su prije rendgena obavljene sve druge dijagnostičke pretrage koje su nam na raspolaganju. Dijagnostički postupak mora biti proveden prema medicinskim zahtjevima i prema zahtjeivma maksimalne zaštite pacijenata. Rendgen dijagnostički postupak vezan je uz rendgensku cijev, pacijenta, rešetku, film i pojačivačku foliju, sistem za razvijanje, ekran za osvjetljavanje i konačno liječnika. Nakon jednog ili više takovih postupaka i nakon liječničke interpretacije snimka dijagnoza je određena. QA se odnosi na konačni produkt dijagnostičkog postupka, na dijagnozu.

KVALITETA . SIGURNOST - PRAKTIČNOST uređaja i dijagnostičkog postupka jesu glavni aspekti ocjene uređaja i dijagnostičkog procesa. Svako nepotrebno ozračivanje povećava ukupnu ekvivalentnu dozu stanovništva. Za pojedinca - pacijenta to može biti neznatna doza no kada promatramo ukupno stanovništvo nije zanemariv. Posljedice prekomjernog ozračivanja mogu biti somatske (trenutne) ili genetičke (stohastičke i dugotrajne). Kada govorimo o zaštiti pacijenata mislimo na najveće mogućnosti smanjenje genetski značajne doze. To je doza koja nam je od značaja za stanovništvo iz jednostavnog razloga što ćemo efekte danas proračunatih rizika vidjeti tek na budućim generacijama.

K V A L I T E T A

U r e đ a j a	Dijagn. p o s t u p a k a
pouzdanost	vjerodostojnost
reproducibilnost	specifičnost osjetljivost postotak

S I G U R N O S T

U r e đ a j a	Dijagn. p o s t u p a k a
RIZIK - upotrebe - rukovanja	RIZIK - za pacijenta - za osoblje - za okolinu

P R A K T I Č N O S T

U r e đ a j a	Dijagn. p o s t u p a k a
rukovanje prostorni zahtjevi pouzdanost rada troškovi	opterećenost opterećenje posla vremenski faktor troškovi

prosječna starost rendgen uređaja	do 5 god.	preko 10 god	preko 20 god.
% od ukupnog broja uređaja (1990 god)	11.8	57.5	30.7*
ukupno rendgen uređaja svih vrsta i namjena			515 kom
ukupno CT uređaja (svi mlađi od 5 god.			12 kom

90% **ZUBNIH** rendgen uređaja je tehnološki zastarjelo kada je riječ o zaštiti pacijenata

75% **POKRETNIH** rendgen uređaja je tehnološki zastarjelo-veliki rizik za pacijente

CT uređaji su uglavnom novi

Upotreba CT uređaja donijela je napredak u medicinskoj dijagnostici pogotovo kod određenih vrsta pretraga. S druge strane ultrazvuk je dokinuo neke do sada uobičajene rendgenske pretrage. Bez obzira na očekivani pad broja rendgen pretraga godišnje uočavamo stalnir ast. CT u tome prednjači. Postalo je uobičajeno da se sada pacijenti i bez valjanog razloga šalju na najnoviji i moderan CT bez obzira da li je to nužno potrebno i bez obzira što nisu iskorištene sve druge metode dijagnosticiranja. CT naime ozračuje pacijenta daleko više nego obični rendgen uređaj. Za trend povećavanja CT pretraga odgovorni su liječnici koji pučuju pacijente na pretrage i koji si ne daju truda pacijenta obraditi na tradicionalne načine.

Česti su slučajevi nepotrebnog ponavljanja rendgenskih snimanja samo zato što neki liječnik nije zadovoljan sa snimkom.
Svaka komisijska obrada pacijenta također pretpostavlja imanje najnovijih rendgenskih snimaka što je slijedeća nerazumnost.

Veliki problem predstavljaju nepouzdane inekvalitetne metode razvijanja rendgen filmova. Oprema koje se za to koristi još je starija od samih rendgen uređaja. Na razvijanju filmova često radi osoblje koje nema previše znanja o tom poslu.

Postotak korištenja kazeta sa pojačivačkim folijama rijetkih zemalja u medicinskim ustanovama jedva 60%.

Postotak zamjene folija rijetkih zemalja kada se istroše jedva 25%.

Čest je slučaj da se za masovno dijagnosticiranje (u bolnicama to zovu vanjski pacijenti) koriste stare kazete bez obzira što ustanova ima nove sa folijama.

Zaključak: QA/QC program kontrole uveden je kao obavezan prilikom kontrole zračenja rendgen uređaja. Na svakom novo postalvjenom rendgen uređaju vršimo kompletnu kontrolu i mjerenje parametara kvalitete i zaštite. Na postojećim (starim) rdg uređajima vršimo kontrolu kvalitete u koracima, tj. prilikom redovitih godišnjih pregleda i mjerenja vršimo mjerenje najrelevantnijih parametara. U slučaju znatnijih odstupanja vršimo kontrolu do granice koja nam daje podatak da li je uređaj u redu ili ga treba izbaciti iz upotrebe (servisirati ili potpuno rashodovati). Na starijim tipovima vrši se kontrola onih parametara koji su relevantni za njegovu sigurnost. Provjerava se monofaznost, veličina polja i reproducibilnost. Konačni cilj čitavog tog posla je kartoteka sa fizikalnim podacima za svaki rendgen uređaj u republici, proračun doza koje sa tim uređajima primaju pacijenti i to za svaki dijagnostički postupak, proračun genetski i somatski značajnih doza za pacijente i zaposleno osoblje i proračun rizka. Sve to se radi kako bi se dobiveni podaci usporedili sa međunarodnim normama i kako bi se nakon

toga poduzele sve mjere i doveli našu medicinsku rendgen dijagnostiku na traženi nivo zaštite. Očekujemo i rendgen dijagnostiku na traženi nivo zaštite. Očekujemo i relevantne podatke i saznanja o stručnoj spremi ili bolje rečeno o stvarnom znanju našeg medicinskog osoblja. Tražiti će se da u svakoj većoj klinici bude zaposlen medicinski fizičar koji će voditi računa o QA i QC i o mnogim drugim stvarima. Naime sve je veća potreba za radnikom takovog profila u medicini i to zbog naglog tehnološkog razvoja medicinskih dijagnostičkih uređaja.

RADIATION PROTECTION IN X-RAY MEDICAL DEPARTMENTS IN OUR REPUBLIC TODAY

Prlić I., Cerovac H., Novaković M.

Institute for Medical Research and Occupational Health University of Zagreb

Abstract: The radiation protection in our medical x-ray departments is satysfying. Technologically antiquated and badly serviced equipment represent the greater problem. When we talk about radiation protection in medical diagnostic we think on two things: protection of occupationally exposed workers and protection of exposed patients due to the medical diagnosis. Our task is to reduce the somatic and genetically significant dose of exposed patients. That is to be done by strictly performing the QA/QC (quality assurance and control) program in every x-ray medical department in republic. The present state of patient protection is inadequate, because of several reasons; the working discipline is bad, equipment is mainly over 15 years old, protection accessories are inadequate and insufficient and the knowledge and practice of our working personnel are in some cases very doubtful.

Literature:

1. Archer B.R.: Thornby etc. Diagnostic x-ray shielding design based on empirical model of photon attenuation
2. Simpkin D.J.: A general solution to the shielding of medical x and Gamma rays by the NCRP Report
3. GSF Bericht S-1026 sept. 1985 part III, Organ Doses in X-Ray Diagnostic GSF Neuherberg
4. NRPB - R 186 ISBN 0 85951 254 1 Organ Doses from Medical X-Ray Examinations, Monte Carlo Techniques, Jones and BF Wall, Sept. 1985.
5. NRPB Patient Dose Reduction in Diagnostic Radiology, National Radiological Protection Board Chilton, Didcot, Oxon OX11 ORQ, Vol 1 No3 1990.
6. Gunarić M., Prlić I., Novaković M.: "Izvori ionizirajućih zračenja i uređaji koji proizvode ionizirajuća zračenja u Hrvatskoj, ekološki aspekti", 6. Stručno-znanstveni simpozij Suradnja u zdravstvu, Poreč 1990.
7. Prilić I., Cerovac H.: "Kako poboljšati dozimetriju pacijenata" 10. Internacionali simpozij sekcije Elektricitet ISSA, Beč 1990. Zbornik radova str.

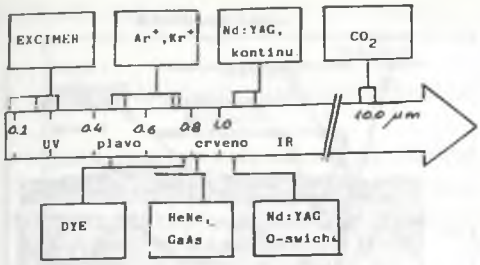
LASER U MEDICINI I INDUSTRIJI - problemi zaštite

Prlić I.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu - Odjel za zaštitu od zračenja, Ksaver 158 - 41000 Zagreb

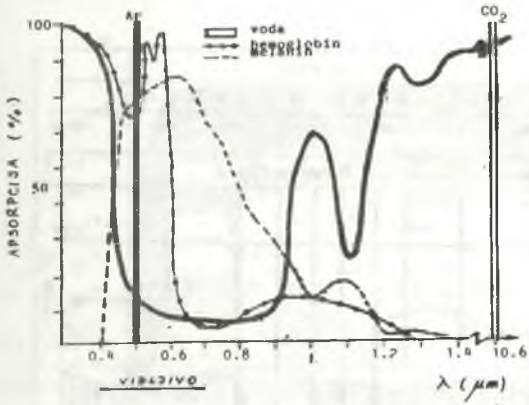
Sažetak: Zaštita od elektromagnetskog zračenja svodi se u današnje vrijeme na izbjegavanje nezgoda i ozljeda koje mogu nastati kao posljedica velike gustoće snage zračenja. Ionizirajući faktor nije od značaja. U medicinske svrhe upotrebljava se lasersko svjetlo valnih duljina od 100 nm do 1 mm i strogo kontroliranih intenziteta zračenja dok se u industriji koriste laseri velikih intenziteta izlaznih snaga zračenja.
Valna duljina i način rada lasera dva su najvažnija parametra međudjelovanja laserskog svjetla i biološkog tkiva. O valnij dujini zračenja ovisi dubina prodiranja elektromagnetskog vala u tkivo, a o načinu rada (pulsni ili kontinuirani režim rada) ovisi izlazni intenzitet - izlazna snaga. Sredstva zaštite su razvijena i potrebno ih je koristiti. U medicini se javlja problem zaštite pacijenata. Kako se laser sve više upotrebljava i kao terapeutski uređaj potrebno je imati u vidu sve njegove dobre i loše osobine kako bi se zaštitili i pacijenti i operateri.

Međudjelovanje laserskog zračenja i biološkog tkiva: Veliki intenziteti laserskog zračenja koriste se za lokalno zagrijavanje tkiva, za zavarivanje živčanih vlakana, za zataljivanje kapilara i za isparavanje biološkog materijala u najkraćem mogućem vremenu.
Proces ozračivanja određuje geometrija sistema koji se ozračuje, apsorpcija i disperzija zračenja koje ovise direktno o valnoj duljini
Kratkovalno zračenja (oko 280 nm) kao i dugovalno (oko 10600 nm) apsorbira se u jednom jedinom sloju površinskih stanica tkiva. sl.1. Lasersko zračenje se prilikom ulaska u biološki materijal pretvara u toplinu koja je uzrok svim efektima koji se tada pojavljuju.

Nd: YAG laser emitira zračenje valne duljine 1064 nm. To je svjetlo koje prodire duboko u tkivo (koeficijent apsorpcije iznosi 0.1 cm^{-1}) Tablica I i sl. 2. Način rada tog lasera omogućuje i kontinuiranu emisiju zračenja (CW) i pulsni režim rada. Puls traje nekoliko ms, ns ili čak ps. U pulsnom režimu mogće je iz uređaja izvući snage zračenja od mnogo $GWcm^{-2}$. Značajka pulsnog načina rada jesu ekstremni intenziteti izlaznog snopa za vrijeme trajanja pulsa. Takove intenzitete moguće je postići bez obzira što srednja snaga (ovisno o režimu pulsiranja sistema može biti mala. Kako se lasersko zračenje u tkivu pretvara u toplinu potrebna energija ulaznog zračenja ovisi o tipu tkiva. Ako je intenzitet ulaznog zračenja takav da donosi više energije nego što je normalna toplina tkiva ono će početi zagrijavati i konačno će ispariti. Kod velikih koeficijenata apsorpcije potrebno je manje ulazne energije da se postigne isti efekt - isparivanje.
Nakon što se dio tkiva ispari pretpostavaka je da je zahvat završen. Rana koja ostaje nakon toga mora biti čista i tkivo mora biti zdravo. Veliki problem predstavljaju nelinearni termički efekti koji se od centra rane šire po tkivu.



Sl. 1 Laseri u medicinskoj upotrebi



Sl. 2 Grafički prikaz apsorpcije elektromagnetskog zračenja u vodi, hemoglobinu i melaninu Argon (0.438–0.515 μm) i CO_2 (10.6 μm) su istaknuti

Tablica 1.

ŠIRINA SNOPA ARGONSKOG LASERA +

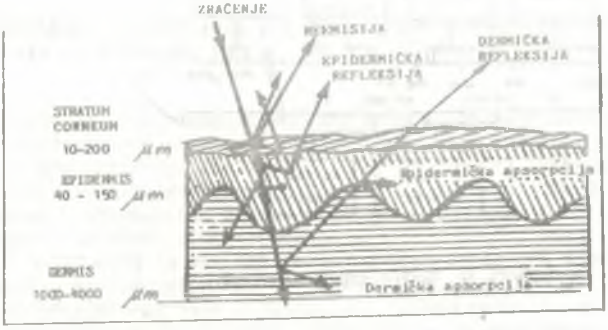
Fokalna udaljenost	Minimalna širina snopa
250 mm	135 μm
300 mm	220 μm
350 mm	290 μm
400 mm	360 μm

Tablica 2.

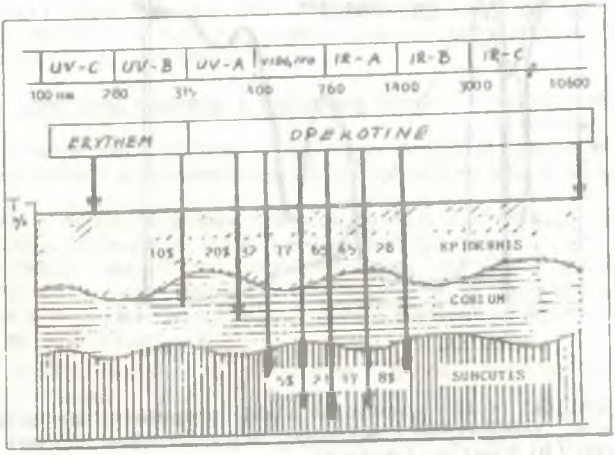
Tipovi ENERGIJE u KIRURŠKOJ upotrebi

Forma	Primjena
Mehanička	Instrumenti (manualno / snaga)
Električna	Spaljivanje
Akustična	Ultrazvuk
Elektromagnetska	Svjetlo Osvjetljavanje Laser (neionizirajuće) X-zrake (ionizirajuće)
Kemijska	Anestezije

Sl. 3



Sl. 4



Tablica 3

DUBINA PRODIRANJA U MEKO TKIVO

Laser	Dubina prodiranja (mm)
CO_2 na 10.6 μm	0.05
Nd:YAG na 1.06 μm	0.8
Argon na 0.5 μm	0.2

Tablica 4

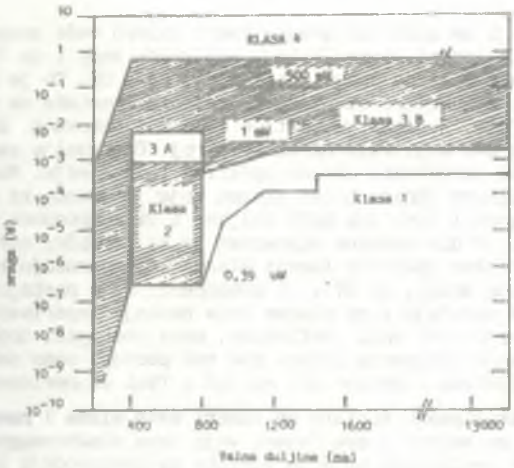
GUSTOĆE SNAGE : Širina snopa Argonskog lasera 0.15mm Širina snopa CO_2 lasera 2.0 mm		
Ukupna snaga (W)	Gustoća Snage	
	Argon las.(W/cm^2)	CO_2 las.(W/cm^2)
1	5.658	35
2	11.317	64
5	28.294	159
10	56.588	318
20	113.176	636
30	169.765	955

(DiBartolomeo, 1981.)

Sl. 5

KLASIFIKACIJA LASERA

Klasa 1	Vlastita sigurnost sistema - sigurno
Klasa 2	samo u vidljivom području
Klasa 3 A	Pogled u laserskom zraku kroz optička pomoćna sredstva može biti opasan
Klasa 3 B	Pogled u laserskom zraku iz blizine je opasno
Klasa 4	Difuzno raspršenje zraka može biti opasno



Razlikujemo tri osnovna sloja nakon zahvata. Prvi sloj je karbonizirana površina rane što je dobro. Ispod njega je sloj tkiva koji je termički promijenjen i ako je toplina bila prevelika taj dio tkiva je oštećen (gotovo skunan) obično sivkast i predstavlja izvor komplikacija prilikom zarastanja. Treći sloj je dubinsko tkivo koje može doživjeti mala termička naprezanja koja uglavnom brzo nestaju i koji predstavlja zdravo tkivo. Zahvati se moraju izvoditi tako da se spriječi i formiranje drugog - sivog sloja. Prilikom oftamoloških zahvata pojavljuje se problem prilikom fokusiranja snopa na tkivo koje se želi obraditi. Optika oka omogućava normalan prolaz laserskog svjetla sve do rožnice. Termička naprezanja pri loše proračunatim intenzitetima i loše fokusiranom snopu uzrokuju oštećenja na zaleđu oka slična onima kod otvorene rane. Ispareni materijal u obliku plazme predstavlja malu plinsku bombicu. Nebrojeni su uvjeti koji moraju biti ispunjeni prilikom primjene lasera u medicinskoj praksi.

Zaštita: O opasnostima za pacijente već sam nešto napomenuo. Njih je potrebno štititi od neodgovorne i neprikladne upotrebe lasera kao medicinskog alata. Osoblje je potrebno štititi od nepoželjnih posljedica koje prouzrokuju laserski snop. Pošto je oko najprozirnije i najosjetljivije otvoreno tkivo lasersko zračenje prolazi kroz njega bez problema i što je najbitnije čovjek to ne osjeća ni na koji način (osim u ekstremnim slučajevima). Prilikom rada sa laserom dolazi do refleksija raznog tipa i može se dogoditi da se čak 30% ulaznog laserskog zračenja reflektira po okolini. To je zračenje od kojeg je potrebna zaštita. Prilikom terapijske upotrebe lasera reflektirani snop rasipa se po operateru i uzrokuje termičke promjene na površini kože, lagano zagrijavanje koje u sprezi sa tipom i osjetljivošću kože može prouzročiti crvenilo. Za zaštitu očiju dovoljne su primjerene naočale. Sa zaštitom tijela ne valja pretjerivati. Reflektirano zračenje utječe negativno na alergijski osjetljivu kožu, koju je dovoljno zaštititi laganom odjećom. Lice (naročito dio ispod očiju teško je zaštititi. Termički efekti ovise o osjetljivosti kože lica pa i o količini šminke na licu. Ti problemi su individualni no ako je problem zaštite akutan postoji adekvatna zaštita za cijelu glavu.

Industrija: U industriji se upotrebljavaju laseri daleko veće snage nego u medicini. Uglavnom su to laseri klase IV koji proizvode snop i do 1500 W. Ako takva snop fokusiramo izlazna snaga snopa mjeru se u GW. To je dovoljno za spaliti čelik debljine nekoliko cm. Takovi uređajise koriste za rezanje i termičku obradu materijala. Refleksija dostiže i do 25% osnovnog zračenja tako da je nužna zaštita za sve koji rade uz takav stroj. Prvo valja se štititi od izlaznog snopa koji može uzrokovati užasne opekline i oštećenja. Nakon toga ispareni materijali prilikom obrade tvore plazmu koja je opasna za udisanje. Ispaljeni materijal izgara i čini luk koji isijava i UV komponente zračenja koje su opasne za kožu. IR dio spektra odgovoran je za termički stres koji je moguć. Zbog toga se prilikom upotrebe lasera klase IV preporučuju stroge mjere zaštite i to od direktnog snopa, od UV i IR komponenti koje nastaju u djelovanju sa meterijalima koji se obrađuju i od plazme koja nastaje isparivanjem materijala. Kućišta tih uređaja moraju biti anti refleksna, mora postojati dobra ventilacija i sistem za odvođenje isparenog plina. Kod nas postoji samo nekoliko takovih industrijskih sistema i gotovo svi su još u fazi eksperimentalnog rada.

Znanost: za potrebe istraživanja koriste se laseri svih klasa i namjena. Najopasniji za okolinu su eximer i dye laseri koji osim elektromagnetskog zračenja proizvode i pare raznih kemikalija koje se koriste za proizvodnju laserske zrake. Osnove zaštite valja poštivati u tim laboratorijama.

Zaključak: Ovaj članak treba poslužiti više kao informacija i povod za otvaranje rasprave o upotrebi laserskih sistema u industriji i medicini i o mogućim posljedicama za zdravlje ljudi koji sa tim spravama dolaze u dodir. U želji za što bržim priključkom razvijenom svijetu mi nabavljamo sve i svašta, čak staru i neprovjerenu opremu. Važno je spriječiti gomilanje svakojake i neprovjerene medicinske opreme samo zato da se dokaže da i to imamo. Osim toga ljudi nam nisu primjereno školovani za korištenje takovih orudja. Laser je moćno orudje budućnosti i kao takovog ga valja svrstati na prvo mjesto.
Diskusija je otvorena.

LASER IN MEDICINE AND INDUSTRY - PROTECTION PROBLEMS

I.Prlić
Institute for Medical Research and Occupational Health University of Zagreb,
- Department for Radioactive Protection

Abstract: This article should be the motive for the detailed discussion about the introduction of various laser system for medical and industrial purposes. The subject is already discussed in Europe. Lasers are not dangerous - the men who operates them are. Medical problem is: our patients have not the legal protection against the improper and inadequate treatment with laser. Some operators have do not know nothing about the device they are using.

R.G. RADOVANOVIĆ
MEDICINSKI FAKULTET
Institut za biofiziku
BEOGRAD

M.DŽABASEVIĆ
VOJNA AKADEMIJA KOPNENE VOJSKE
Beograd

PROMENA JONA I ELEKTRONA U JEDINICI VREMENA U VAZDUŠNOJ SREDINI

U V O D

Istraživanja procesa pri medjusobnom sudaru naelektrisanih čestića i njihovim sudarom sa neutralnim atomima i molekulima vazduha, predstavlja značajan interes u oblasti jonizacije prizemnog sloja vazduha.

Od niza procesa koji se odvijaju u vazduhu, kao što su: brzina nastajanja jona, pokretljivost, jonizaciono-rekombinacioni procesi itd. |1| u ovom radu detaljnije ćemo posmatrati samo promenu jona i elektrona u jedinici vremena sa teorijskog aspekta i uporediti sa eksperimentalnim vrednostima.

Promena koncentracije elektrona, negativnih i pozitivnih jona s vremenom

Teorija nastajanja, odnosno nestajanja naelektrisanih čestica u vazdušnoj sredini je složena. U našem razmatranju promenu koncentracija elektrona, negativnih i pozitivnih jona s vremenom prikazaćemo diferencijalnim jednačinama kontinuiteta:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = R - \alpha n - \varepsilon n n^{+} + \gamma n^{-}$$

$$\frac{\partial n^{+}}{\partial t} = R - \varepsilon n n^{+} - \beta n^{-} \cdot n^{+}$$

$$\frac{\partial n^{-}}{\partial t} = \alpha n - \beta n^{+} \cdot n^{-} - \gamma n^{-}, \qquad (1)$$

gde je n - koncentracija elektrona, n^{+} - koncentracija pozitivnih jona, n^{-} - koncentracija negativnih jona, R - je produkcija jonskih parova ($R = 2\ 10^{6}\ m^{-3}\ s^{-1}$) |2|, α - koeficijent ptičjanja ($\alpha = 9\ 10^{7}\ s^{-1}$) |2|, ε - je koeficijent rekombinacije elektrona s pozitivnim jonima ($\varepsilon = 2\ 10^{-12}\ m^{3}\ s^{-1}$) |5,6|, $\gamma = 10^{-5} s^{-1}$ |4|

Navedene veličine i njihove brojne vrednosti odabrane su tako da zadovoljavaju konačno rešenje navedenih jednačina, za naše uslove i odnose se na vazdušnu sredinu.

Za stacionarno stanje ($\frac{\partial}{\partial t} = 0$ sistem diferencijalnih jednačina kontinuiteta (1) se svodi na sistem algebarskih jednačina

$$\begin{aligned} &R - \alpha n - \varepsilon n n^{+} + \gamma n = 0 \\ &R - \varepsilon n n^{+} - \beta n n^{+} = 0 \qquad (2) \\ &\alpha n - \beta n^{+} n^{-} - \gamma n^{-} = 0 \end{aligned}$$

Koristeći prethodni sistem jednačina za date uslove dobija se relacija

$$n^{-} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \beta n^{+}}\, n^{+} \qquad (3)$$

Takodje, iz prethodnog sistema jednačina (2) koristeći uslov $n = n^{+} = 1,1 n^{-}$ dobija se jednačina

$$-1,1\,(\varepsilon\alpha + \beta\alpha)\, n^{+2} - 1,1\,(\gamma\alpha - R\beta)\, n^{+} + (R\alpha + R\beta) = 0$$

čije rešenje daje teorijsku vrednost koncentracija pozitivnih jona $n^{+} = 337\ 10^{6}$ jona / m^{3}, a na osnovu ove vrednosti koncentra-

cija negativnih jona je $n^- = 306\ 10^6$ jona/m³.

Naša istraživanja su pokazala da se ove vrednosti n^+ i n^- nalaze u granicama eksperimentalnih rezultata. Takodje smo zaključili na osnovu jednačine (4) ukoliko se povećava brzina stvaranja jona u vazduhu, raste koncentracija pozitivnih i negativnih jona, što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1: Koncentracija negativnih i pozitivnih jona u zavisnosti od brzine stvaranja jona

R 10^6 jona/m³s	2	4	6	8	10
n^+ 10^6 jona/m³	337	487	590	726	1500
n 10^6 jona/m³	306	440	536	660	1200

Z A K L J U Č A K

Na osnovu ovih istraživanja izračunate vrednosti koncentracije negativnih i pozitivnih jona u vazdušnoj sredini su približne merenim vrednostima ili su u odnosu na njih povećane za 1,5 ÷ 2 puta, što zavisi od vazdušne sredine u kojoj su obavljena merenja.

A B S T R A C T

XVI Jugoslav Symposium on Defence against Radiatien, Neum, June 1991, R. Radovanović, M.Džambasević. The Cnage of Ious and Elektrons in the Unit of Time in the Air Environment. In this work we gave the mathematical model for theoretica calculation of the positive and negative ious concentration under

even conditions. Teh research has shown that theoretica values are locatet between the limits of experimental results for the air environment in which the measurements have been cavried out

L I T E R A T U R A:

|1| Radovanović R., Džabasević M., Jonsko stanje u prizemnom sloju atmosfere. Jedanaesti simpozijum o zaštiti od zračenja. Portorož, 1981., Zbornik radova, str. 132-137.

|2| Whitten R.C., Pospoff. J.G. Fundamentals of Aeronomy, J. Wiley, Sous. J.nc. N.Y., 1977.

|3| P.Jauho and S.Viori. Jonization of radoi Waves after a nuklear explozision, Act Polytechnica Skandinavica Ph.12. Helsinki, 1972.

|4| Colle R.K. Jr. and E.T. Pierce: Elektrification in the Earth's Atmosphere for altitudes between Oand 100 kilometers. J.of Geoph. Research, 1965, V.70, No - 12, p. 2735.

|5| Marjanovskaja L.L., Medvedev In A.Georeagnetizmi aeronomija, 1971. No 11, s. 290.

|6| Radovanović, R., Džambasević M. Koeficijent unipolarnosti jona u vazduhu. X dimpozijum o zaštiti od zračenja, Arandjelovac, 1979., Zbornik radova, str. 331.

ИЗЛОЖЕНОСТ НА НАСЕЛЕНИЕТО ОД ПРИЛЕПСКА ОПШТИНА НА ЈОНИЗАНТНО ЗРАЧЕЊЕ ПРИ МЕДИЦИНСКО-ДИЈАГНОСТИЧКА ПОСТАПКА

Ристески А.,Миленкоски И.,Ацеска Р.,Василеска В.,Тасески Ж.
Медицински центар - Прилеп Радиолошка служба

Увод - Денес човекот секојдневно е опкружен со најразлични штетни агенси и изложен е на штетни влијанија мегу кои и јонизантното зрачење. За овој вид нокса најмалку се знае и се води сметка заради слабата информираност на населението како и на здравствените работници за биолошките ефекти на овој вид зрачење кои за жал неможе рано да се манифестираат и долго време остануваат неоткриени. И покрај тоа што човекот се адаптирал на извесно постојано природно зрачење, сепак, додатното озрачување кое најмногу припаѓа на медицинските дијагностички постапки, претставува голема опасност за популацијата во целост. На овој вид зрачење се изложени сите групи на популацијата, а голем дел и здрави деца и млади луѓе во генеративниот период (масовно флуорографирање,снимки на колкови, дијагностика на дојка, превентивни систематски прегледи за вработување, снимање на заби и сл.).

Уште од 1928 година на II Интернационален конгрес на радиолозите во Стокхолм е основана Интернационална комисија за радиолошка заштита (ИСРП). Во 1982 година Светската здравствена организација апелира да се запри масовната примена на сите непотребни радиолошки процедури. XII Конгрес на радиолозите на Југославија се заложува за рационален приод во радиодијагностиката на поедини системи (1), а во 1986 година донесени се повеќе Правилници (2,3) за заштита на населението и професионалниот персонал.

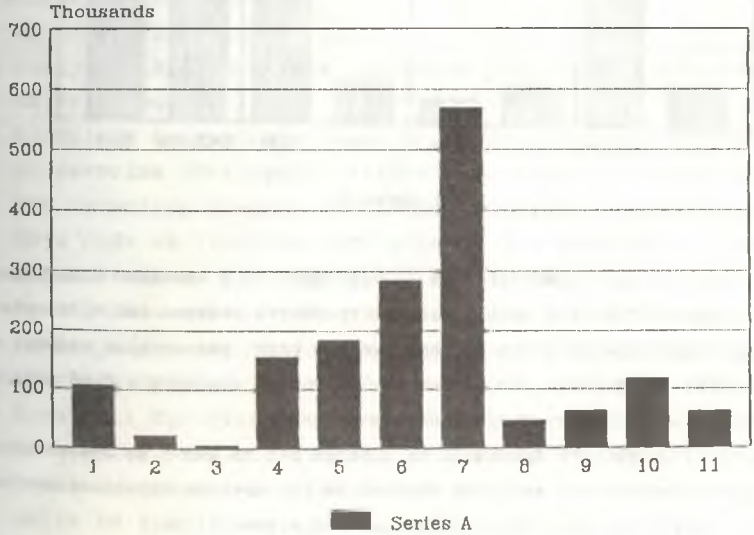
Материјал и методи на работа - Во трудот е извршена анализа на експонираноста на јонизантно зрачење на населението од прилепска општина за последните 10 години (1981-1990) преку бројот на вкупно извршените рендгенски прегледи во Радиолошката служба, потоа на прегледите во АТД, во РТГ-кабинетите на Стоматолошката служба и масовното флуорографирање на населението во два наврата (не се опфатени дијагностичките постапки од областа на нуклеарната медицина и дигиталните методи изведени на пациенти од ова подрачје во другите регионални и републички здравствени установи).

Радиолошката служба е опремена со современи 6-то вентилни апарати од домашно производство. Дијаскопијата до 1986 година се изведуваше на флуоресцентна плоча во мрак, а од 1987 година е монтиран електронски појачувач на сликата со ТВ-монитор. По пат на дијаскопија се вршат прегледи на дигестивниот тракт, ХСГ, сите видови на цисто- и уретрографија, постоперативни фистулографии, и др. Од контрасните испитувања без дијаскопија се изведуваат сите видови на екскреторна урографија, билиграфија, потоа фистулографија, сиалографија и дакриоцистографија. Од нативните графии се изведуваат сите видови на рутински и целени снимања на скелетот, прегледни снимања по регии како и томографија. За одредени прегледи,

освен за конвенционалните снимања на скелетот користиме филтри. Редовно употребуваме стандардни фолии. Полето, освен при прегледните снимки на големи регии рационално се ограничува, а редовно се употребува заштита на гонадите. Дистанцата фокус-филм варира од видот на снимањето, од околу 70 см при дијаскопија, преку 100 см при радиографиите, до 150 см за сумациона снимка на градниот кош, односно 250 см при телерендгенографија. Прегледите врзани за дијаскопија првите години од извештајниот период ги вршеа двајца искусни радиолози и еден помлад, а потоа уште двајца млади специјалисти. Конвенционалните снимања ги изведуваат виши радиолошки техничари под контрола на радиолог.

Во АТД рутинските прегледи на бели дробови се изведуваат со радиофотографирање на Оделка, а флуороскопијата на плоча. Персонал: лекар специјалист пнеумофтизиолог и диференциран средномедицински персонал. Снимањето на заби во Стоматолошката служба се врши на полуталасни апарати од постар датум од диференциран среднообразован кадар. Масовното флуорографирање е вршено со флуоробус на Институтот за ТБЦ и градни болести од Скопје.

Резултати - Столбестиот дијаграм (серија А) го прикажува бројот на жителите во општина Прилеп (апроксимативно) како и бројот на прегледи во поединечните служби каде се вршени рендгенските прегледи на населението како и двократното флуорографирање во последните 10 години. Бројот на пациенти во одредени работни единици не покажува особени варирања и се движи од околу 17000 - 18000 годишно



ЛЕГЕНДА:

1 - Број на жители во прилепска општина..... 105000

2 - Дијаскопија во Ртг. одделение..... 22430

3 - Контрастни испитувања во Ртг. одделение..... 5612

4 - Нативни графии и томографија во Ртг. одделение.... 155202

5 - Вкупно пациенти во Ртг. одделение..... 183244

6 - Потрошени филмови во Ртг. одделение..... 283880

7 - Вкупно експозиции во Ртг. одделение (апроксимативно) 570000

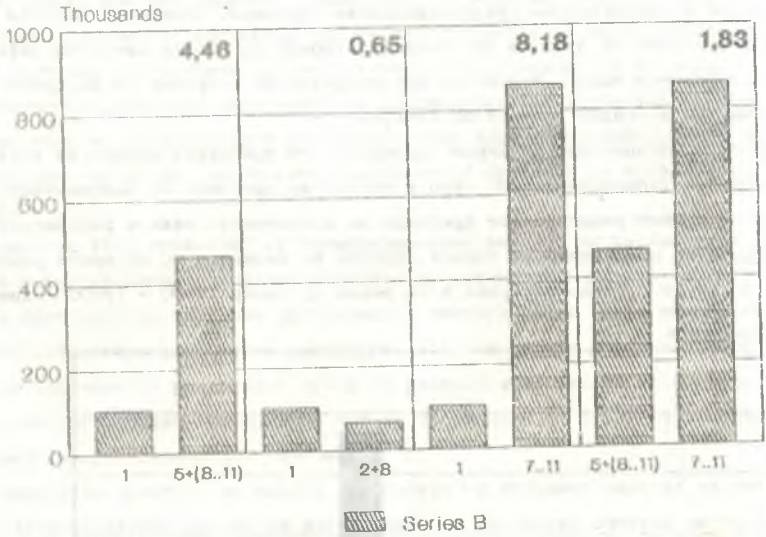
8 - Дијаскопија во АТД..... 46254

9 - Радиофотографија во АТД..... 62524

10 - Ртг. дијагностика во стоматологија..... 115927

11 - Масовна флуорографија (апроксимативно)..... 60000

во Радиолошка служба, по околу 10000 во АТД и Ртг. кабинетот во Стоматолошката служба и околу 30000 флуорограми во наврат.



Параметрите од дијаграмот (серија Б) илустративно и индексно покажуваат дека во последните 10 години секој жител од прилепска општина бил 4,46 пати на некаква радиодијагностичка постапка, при што врз секој регистриран пациент е изведена по 1,83 експозиција. Во последните 10 години извршена е 0,65 дијаскопија по жител, а 8,18 поединечни експозиции по жител.

Дискусија и заклучок - Примената на одреден вид на извор на зрачење, односно дејствие со користење на извор на зрачење ќе се смета за оправдано ако дава нето-корист, земајќи ја во обзир и радијационата штетност (2).

Последните години многу автори го проучуваат дејството на јонизантното зрачење врз живата материја (4,5), потоа техничките мерки на заштита (6,1), а извршени се и опстојни дозиметриски испитувања на професионално изложениот персонал како и на пациентите во различни дијагностички постапки (7,8).

Нашите технички можности не дозволуваат така целосен пристап кон овој проблем, но фактот дека очната леќа веќе при конвенционален краниограм во два правци прима годишна доза; дека графијата на торакс скоро да ја достигнува, а снимката

на торакалниот ѕид во два правци ја надминува годишната доза дозволена за крвотворните органи (стернум и ребра); дека кај сите органи под дијафрагма соматското озрачување на органите е 2-10 пати поголемо од годишната гранична доза; како и тоа дека дури и при снимање на забите постои гонадна доза на озрачување (7), треба само да придонесат кон поодговорен приод при отпишувањето на секоја упатница за рендгенско иследување.

Техничко-технолошкиот развој доведува до се поширока примена на радиологијата како во дијагностички, така и во интервенциско-тераписки цели па таа се почесто е метода на избор, со што уште повеќе придонесува до менталитетот за потпирање на техниката како суверено средство за дијагностика, а истовремено и како компензација за недоволната клиничка опсервација (7) и поголема комфорност на клиничарот, кој како да заборава дека радиолошката дијагностичка постапка треба да биде круна на сите (веќе предходно обавени) медицинско-дијагностички испитувања.

ABSTRACT - THIS IS AN ANALYSIS OF THE WHOLE NUMBER OF MEDICAL RADIODIAGNOSTIC TREATMENTS IN ORGANISATION UNITS DURING THE LAST 10 YEARS /1981-1990/ IN THE AREA OF PRILEP /105000 INHABITANTS./ THE AVERAGE NUMBER OF 4,46 EXAMINATIONS AND 8,18 EXPOSITIONS BY INHABITANT FOR A PERIOD OF 10 YEARS, HAVE SHOWN A GREAT EXPOSITION OF PATIENTS AND INHABITANTS TO IONISED X-RAYS IN DIAGNOSTIC PURPOSES AND ALSO OF A NEED FOR BETTER RATIONING IN EXPOSITION SPECIALLY FOR GENERATIVE POPULATION.

Bibliografija:

1 - Zaključci XII. Kongresa radiologa Jugoslavije (Beograd,1984). Radiol. Jugosl. 18 (3): 293-294, 1984.

2 - Pravilnik o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizuyućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju i o merenjima stepena izloženosti jonizujućim zračenjima lica koja rade sa izvorima tih zračenja i o proveravanju kontaminacije radne sredine. Sl. list SFRJ, br. 40/86.

3 - Pravilnik o načinu vođenja evidencije o izvorima jonizujućih zračenja i o ozračenju stanovništva i lica koya su pri radu izložena dejstvu jonizujućih zračenja. Sl. list SFRJ, br 40/86.

4 - Osmak M.: Djelovanje ultravioletnog dijala sunčevog svijetla na stanice. Radiol. Iugosl. 20 (1): 73-76, 1986.

5 - Osmak M.: Repeated irradistions change the sensitivity of animal cells to alkylating agents. Radiol.Iugosl. 22 (2): 177-179,1988.

6 - Petrić T., M. Rerevski, Đ. Stojanović, Ž. Ljubenković: Zaštita gonada u radiografiji karlice. Radiol. Iugosl. 12 (1):281-283,1978.

7 - Ledić S., Stajković P., Lukač S,: Ozračivanje bolesnika u radiodijagnostici. Radiol. Iugosl. 22 (4): 407-418, 1988.

8 - Ledić S,. Stajković P., Lukač S.: Ozračivanje profesionalnog osoblja u radiodijagnostici. Radiol. ugosl. 23 (1): 67-76,1989.

9 - Stojanović D., Dujmović M.:Opasnost ozračenja bolesnika u radiološkoj dijagnostici.Radiol. ugosl. 20 (2):109-111, 1986.

SPROVODJENJE PROGRAMA OSIGURANJA KVALITETA I KONTROLE KVALITETA (QA/QC) U MEDICINSKOJ DIJAGNOSTICI U REPUBLICI SRBIJI

Tomašević M.; Marinković O.; Košutić D.

Univerzitetski klinički centar
Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" - Beograd

Pod stalnom dozimetrijskom kontrolom u Srbiji se nalazi 782 generatora X zračenja sa 969 rendgenskih cevi. U 1990 godini kod 202 generatora izvršeno je ispitivanje reproducibilnosti doza zračenja a kod 206 pouzdanost postavljanja visokog napona i vremena snimanja.

Reproducibilnost doze manja od 5% bila je registrovana kod 94.55% generatora a veća od 10% kod samo 1.98%. Vreme snimanja bilo je u prihvaćenim granicama u 78.15% slučajeva a odstupanja veća od 10% bila su registrovana kod 21.48% generatora. Slično je i sa visokim naponom. U oko 10% slučajeva odstupanja su veća od 10%.

UVOD

Oblast primene izvora jonizujućih zračenja a posebno njihova primena u medicini regulisana je saveznim zakonskim propisima a posebno Pravilnicima koji su doneti u periodu od 1986. do 1989. godine (1.2.3.4). Pri tome treba istaći značaj Pravilnika o stavljanju u promet i korišćenju radioaktivnih materija iznad odredjene granice aktivnosti, rendgen aparata i drugih aparata koji proizvode jonizujuća zračenja i o merama zaštite od zračenja tih izvora (Sl list SFRJ br.40/86 i dopuna Sl list SFRJ br.45/89) kao i Pravilnika o granicama iznad kojih stanovništvo i lica koja rade sa izvorima jonizujućih zračenja ne smeju biti izloženi ozračenju, o merenjima stepena izloženosti jonizujućim zračenjima lica koja rade sa izvorima tih zračenja i o proveravanju kontaminacije radne sredine (Sl list SFRJ br.31/89).

Donošenjem ovih zakonskih propisa značajno je unapredjena zaštita od jonizujućih zračenja a posebno kontrola izvora zračenja što podrazumeva i kontrolu dijagnostičkih rendgen aparata kao najmasovnijih izvora jonizujućih zračenja koji se koriste u medicini.

Svi izvori jonizujućih zračenja podležu stalnoj - redovnoj dozimetrijskoj kontroli koju sprovode specijalizovane i za tu vrstu poslova osposobljene i opremljene organizacije udruženog rada odredjene republičkim odnosno pokrajinskim propisima.

Izvršenim izmenama u zakonskim propisima dozimetrijska kontrola svih izvora jonizujućih zračenja a posebno dijagnostičkih rendgen aparata postavljena je na sasvim drugoj osnovi zasnovanoj na programu održavanja -osiguranja kvaliteta (Quality Assurance) (5).

Osnovne odredbe ovog programa, koga smo i mi prihvatili (ali ne sve republike), date su u izmenjenom i dopunjenom tekstu navedenog Pravilnika iz 1989. godine (3).

REZULTATI IZVRŠENIH ISPITIVANJA

REPRODUCIBILNOST DOZE ZRACENJA I POUZDANOST BIRANJA VISOKOG NAPONA I VREMENA SNIMANJA

Da bi se zadovoljili uslovi snimanja pojedinih organa ili delova tela pacijenta neophodno je da se na komandnom stolu rendgen aparata izaberu adekvatne vrednosti visokog napona (kV), struje u rendgenskoj cevi (mA) i vremena trajanja snimanja (s). Pri tome one moraju biti u dopuštenim granicama od 10%. Kako ove vrednosti utiču direktno na dozu rendgenskog zračenja kojom se ozračuje pacijent proizilazi da i ona ne sme prekoračivati zadate granice.

Izmerena prosečna odstupanja kod posmatranih rendgen aparata prikazana su u Tabeli br.1

REZULTATI ISPITIVANJA REPRODUCIBILNOSTI DOZA ZRACENJA U 1990.god.

Tabela br. 1

VRSTA RENDGEN APARATA	BROJ	IZMERENA ODSTUPANJA <5% KOMADA	%	>5% i <10% KOMADA	%	>10% KOMADA	%
DENT	57	55	96.49	2	3.51	0	0.00
SELENOS 4	71	65	91.55	3	4.23	3	4.23
SUPERIX 800	25	24	96.00	1	4.00	0	0.00
SUPERIX 1000	39	38	97.44	0	0.00	1	2.56
SUPERIX 1250	10	9	90.00	1	10.00	0	0.00
UKUPNO	202	191	94.55	7	3.47	4	1.98

Prema usvojenom kriterijumu od ispitivanih rendgen aparata samo kod 4 je registrovano odstupanje doza zračenja veće od 10% i to kod tri generatora X zračenja SELENO 4 i jednog generatora SUPERIX 1000.

Iz navedenih vrednosti se zapaža da nema bitnih razlika u izmerenim odstupanjima kod pojedinih generatora X zračenja.

REZULTATI ISPITIVANJA POUZDANOSTI POSTAVLJANJA VREMENA SNIMANJA KOD GENERATORA RENDGENSKOG ZRACENJA. 1990.god.

Tabela br. 2

VRSTA RENDGEN APARATA	BROJ	IZMERENA ODSTUPANJA <5% KOMADA	%	>5% i <10% KOMADA	%	>10% KOMADA	%
DENT	58	25	43.10	17	29.31	16	27.59
SELENOS 4	73	41	56.16	8	10.96	24	32.88
SUPERIX 800	25	18	72.00	5	20.00	2	8.00
SUPERIX 1000	40	33	82.50	5	12.50	2	5.00
SUPERIX 1250	10	8	80.00	1	10.00	1	10.00
UKUPNO	206	125	60.68	36	17.47	45	21.85

Prema usvojenom kriterijumu, da zadovoljavaju samo oni generatori rendgenskog zračenja kod kojih se pozdanost postavljanja vremena snimanja nalazi u granicama ispod 10% može se reći da ispitivani generatori u velikom broju slučajeva ovaj kriterijum ne zadovoljavaju. Od posmatranih generatora rendgenskog zračenja 21.85% njih nezadovoljava postavljeni uslov a 78.15% uslov ispunjava.

POUZDANOST POSTAVLJANJA VISOKOG NAPONA

Kod dijagnostičkih rendgen aparata koji su bili podvrgnuti ispitivanjima procenjivali smo i pouzdanost postavljanja visokog napona na osnovu direktnog merenja visokog napona za 70kV, 80kV, 90kV i 100kV.

REZULTATI POUZDANOSTI POSTAVLJANJA VISOKOG NAPONA (70kV)

Tabela br. 3

VRSTA RENDGEN APARATA	BROJ	IZMERENA ODSTUPANJA OD ZADATE VREDNOSTI <5% KOMADA	%	>5% i <10% KOMADA	%	>10% KOMADA	%
SELENOS 4	28	22	78.57	5	17.86	1	3.57
SUPERIX 800	24	13	54.17	9	37.50	2	8.33
SUPERIX 1000	34	16	47.06	12	35.29	6	17.65
SUPERIX 1250	7	3	42.86	3	42.86	1	14.29
UKUPNO	93	54	58.07	29	31.18	10	10.75

ZAKLJUCAK I PREDLOG MERA

Rezultati naših prvih ispitivanja koja smo obavili na rendgen aparatima domaće proizvodnje opravdavaju zahtev da se ovakav način kontrole dijagnostičkih rendgen aparata uvede u svakodnevnu praksu. I pored toga što su izmerene vrednosti uglavnom bile u predloženim granicama smatramo da će tek nastavak ispitivanja dati potpunije i pouzdanije odgovore o stanju naših dijagnostičkih rendgen aparata.

LITERATURA

1. Sl list SFRJ br. 62/84
2. Sl list SFRJ br. 40/86
3. Sl list SFRJ br. 31/89
4. Sl list SFRJ br. 45/89
5. Quality Assurance in Diagnostic Radiology. WHO. 1982.

SUMMARY

QUALITY ASSURANCE AND QUALITY CONTROL PROGRAMME
IN MEDICAL DIJAGNOSTIC IN SERBIA

Tomašević M.; Marinković O.; Košutić D.

University Clinical Center
Institut of Occupational and Radiological Health
"Dr Dragomir Karajović" Belgrade, Deligradska 29

Under constant dosimetric control in Serbia there are 782 diagnostig X ray units with 969 X ray tubes. In 1990, 202 such units were subjected to the radiation dose reprodutibility testings; 206 to measurement of high voltage and accuracy of exposure time.

In 94.55% cases the said reprodutibility amounted less than five percent and only 1.98% was higher than 10%. The exposure time was reliably determined in 78.15% X ray generators; deviations in excess of 10% were registered in 21.48%. Similar situation occured in selection oh high voltage. Of observed X ray generators in 10-12% cases deviations increased ten percent.

Testings in the following years shall continue and expand for purpose of getting clear picture about safety of the X ray generators as used in Serbia.

Sekcija 4. METROLOGIJA, MJERNA INSTRUMENTACIJA, DOZIMETRIJA

UREĐAJ ZA MJERENJE WL-a

Danko Ambrošić, Jadranka Kovač, Alica Bauman
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Sveučilište u Zagrebu

Sažetak

U radu je opisan prijenosni uređaj za mjerenje alfa zračenja, koji je razvijen i izraden u Odjelu za zaštitu od zračenja, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. Primarna namjena uređaja je mjerenje working levela (WL).

Kod mjerenja alfa aktivnosti na terenu s detektorom od cinkovog sulfida (aktiviranog srebrom), obično u uvjetima visokih koncentracija prašine, vlage i jakih smetnji na mreži, imali smo dosta problema s fotomultiplikatorom i visokim naponom koji je potreban za rad ovakvog instrumenta. Zbog toga smo razvili uređaj s poluvodičkim detektorom od silicija s barijerom pri površini (SSB), koji radi s napajanjem od 12 V.

Korišten je detektor BR-025-600-100 (EG&G ORTEC). To je izvedba koja podnosi čišćenje i rad pri dnevnom svjetlu. Detektor je napravljen od "p" tipa silicija s prednjim prozorom od aluminija gustoće 50 $\mu g/cm^2$. Debljina osjetljivog sloja je, uz 12 V prednapona, oko 70 μm, pa se u njemu mogu potpuno zaustaviti alfa čestice energije do 10 MeV[1]. Ovaj prednapon je ujedno dovoljan da osigura rezoluciju od 25 KeV garantiranu od proizvođača, na vrhu od 5,486 MeV ^{241}Am. Površina detektora je 600 mm^2, što daje uređaju relativno visoku efikasnost kada se uzorak skuplja na filter papiru promjera 25 mm.

Da bi instrument u cjelini imao dobru rezoluciju bilo je bitno načiniti niskosumno predpojačalo, te smo koristili diskretne elemente i niskosumni FET na ulazu. Iako ovo pojačalo ima sum svega 3 - 4 KeV, visoki kapacitet, detektor (oko 600 pF) koji povećava ovu vrijednost za daljnjih desetak KeV. Kako bismo smanjili loš utjecaj još većeg kapaciteta na ulazu u predpojačalo, maksimalno smo skratili vodove, smještajući ga tik uz detektor.Ostatak elektronike je smješten na dvije štampane pločice: analogni i digitalni dio. Analogni dio sadrži pojačalo, ovog puta integrirano, te jednokanalni analizator izveden s dvostrukim

komparatorom i CMOS logikom. Gornji i donji nivo komparatora se namještaju pomoću dva trimpota i u našem slučaju su postavljeni na 4,5 do 10 MeV.

Digitalni dio ima brojač impulsa i sat, koji broji sekunde od početka mjerenja. Za bazu sata smo koristili kvarcni kristal kakav se nalazi u ručnim digitalnim urama. Zbog bolje vidljivosti u terenskim uvjetima rada koristili smo veliki crveni LED display sa šest cifara, na kojem se izmjenično može vidjeti stanje brojača impulsa i sata. Display se može isključiti, pa kada on ne radi instrument troši svega tridesetak mA, a sam display troši u prosjeku 400 mA. Predviđeno je napajanje iz akumulatora od 12 V ili iz mreže (220 V).

Mehanizam za izmjenu uzoraka je napravljen kao "ladica" od eloksiranog aluminija i prima filter papir promjera do 35 mm ili planšete promjera do 25 mm, 3 mm duboke.

Osnovno brojanje ovog uređaja je 0,07 impulsa u minuti, a efikasnost oko 15 % na energijama bliskim 5 MeV.

Iako se ovim uređajem može, uz višekanalni analizator provoditi alfaspektrometrija, mi smo ga do sada koristili isključivo za mjerenje working levela (WL).

WL je mjera opterećenja organizma potomcima radona. Definiran je kao bilo koja smjesa kratko živućih radonovih potomaka u jednoj litri zraka, koja će rezultirati emisijom od 1,3 x 10^5 MeV alfa energije. U uvjetima ravnoteže 3,7 KBq m^{-3} (100 pCi l^{-1}) ^{222}Rn odgovara 1 WL. Definicija je prikazana u tablici 1.

Tablica 1. DEFINICIJA WL

Radionuklid	Alfa energija (MeV)	$T_{1/2}$	Broj atoma u 100 pCi	Najzastup. alfa energija po atomu (MeV)	Ukupna alfa energ. (MeV/100 pCi)
^{226}Ra	5,49	3,82 d	1770000	izuzeta	-
^{218}Po	6,00	3,05 m	977	6,00 + 7,68	0,134 x 10^5
^{214}Pb	-	26,8 m	8580	7,68	0,659 x 10^5
^{214}Bi	-	19,7 m	6310	7,68	0,485 x 10^5
^{214}Po	7,69	0,0027 m	0,0008	7,68	0,000 x 10^5
					1,278 x 10^5

Mnogi autori određivali su WL mjerenjem alfa[2] ili beta[3] čestica na filter papiru. Mi smo se odlučili za metodu Scotta[4] koja je brza i praktična za terenska mjerenja. Bazira se na uzorkovanju zraka od 5 minuta, te nakon čekanja od 5 minuta brojenjem alfa čestica slijedećih 5 minuta. Ovako kratko uzorkovanje i brojenje, a uz upotrebu vlastitog, napred opisanog instrumenta, omogućava određivanje velikog broja WL u toku jednog sata. Ovu metodu provjerili smo paralelnim mjerenjem WL s komercijalnim instrumentom koji se upotrebljava za određivanje WL u rudnicima urana. Odstupanja su bila manja od 5 %, što smatramo vrlo dobrim rezultatom. Sada instrument upotrebljavamo pri mjerenjima u tvornicama i ostalim lokacijama gdje je povišena prirodna radioaktivnost uslijed tehnološkog procesa.

Literatura:

Literatura

(1) Williamson, C.F., Bojuot, J.P., Picard, J.: CEA-R-3024. (1966).

(2) Manual on radiological safety in uranium and thorium mines and mills. IAEA- Safety series No. 43. (1976).

(3) Holmgreen, R.M.: Working levels of radon daughters in air determined from measurements of RaB + RaC. Health Physics, 27 (1974) 141.

(4) Scott, A.G.: A field method for measurement of radon daughters in air. Health Physics, 41 (1981) 403.

Abstract

AN INSTRUMENT FOR WL MEASUREMENTS

This paper describes a field equipment for alpha measurements. It was developed and manufactured at the Department for Radiation Protection, Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb, with the main purpose for working level measurements.

ISPITIVANJE OSETLJIVOSTI α-TRAG DETEKTORA ZA MERENJE KONCENTRACIJE α-EMITERA U VODI

R. Benderać, *D. Veličković, Z. Vejnović, D. Ristić D.

Institut bezbednosti, P.O.Box 574, Beograd
*Institut za nukl. nauke "Boris Kidrič" Vinča, Beograd

SADRŽAJ

Merenje veoma nikih koncentracija alfa-emitera predstavlja vrlo slozen posao i uvek predstavlja izazov kako za uvodjenje novih metoda pripreme uzoraka za analizu, tako i za izbor detektora za koje se veruje da ima izvesne prednosti u odnosu na neki drugi detektor. Jedan o takvih pokusaja dat je u ovom radu i odnosi se na primenu cvrstih detektora nuklearnih tragova ("trag-detektora") za merenje ukupne alfa-aktivnosti u vodi.

KLJUČNE REČI

Alfa-emiter, osetljivost, trag, cvrsti detektor nuklearnih tragova;

U V O D

Tehika - sire poznata kao "analiza nuklearnih tragova", "tehnika nagrizenih tragova" ili CVRSTI DETEKTORI NUKLEARNIH TRAGOVA" - toliko se rasirila u dometu, delokrugu i naucnoj dubini pocevsi od 1960.g., neposredno posle otkrica, da je tesko naci podrucje u kome nema realnu ili potencijalnu primenu. Takav aplikacioni domet postoji u arheologiji, geologiji, solarnoj fizici, medicini i biologiji, zastiti od zracenja, industriji, reaktorskoj i nuklearnoj fizici, nauci o materijalima - pa sve do otktica primene u nekoj novoj oblasti.

U poslednje vreme objavljeno je nekoliko radava o osetljivosti trag-detektora za registraciju alfa-cestica iz vodenih rastvora i mogucnosti merenja ukune alfa aktivnosti (Benderac, 1986, 1990). U literaturi postoji vise radova o odredjivanju koncentracije urana u vodi i mineralima primenom polikarbonatnih detektora nuklearnih tragova (Makrofol i Lexan), cija je osetljivost zanemarljiva na alfa-cestice, ali imaju visoku osetljivost na fisione fragmente. Ispitivani uzorci se dovode u kontakt sa polikarbonatnim detektorom, a ozracinanje se vrsi fluencijom termalnih neutrona ~ 10^{14} n/cm^2 [Chaudhurri, 1982 ; Claudine, 1979].

Osetljivost detektorskih folija

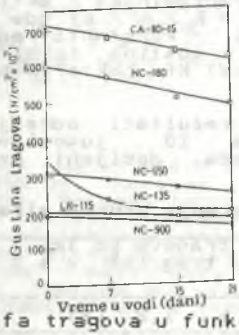
Ukoliko se detektorske folije, koje sadrze latentne tragove, izloze dejstvu vode, dolazi do promene ukupne brzine nagrizanja (Vb) i brzine nagrizanja traga (Vt). Za kraca vremena boravka detektora u vodi pre nagrizanja, brzine Vb i Vt se povecavaju, tako da odnos Vt/Vb ostaje konstantan.

Koristeci detektore u specijalnim fizickohemijskim uslovima (izlaganje detektora u tecnostima i autoradiografiji), vazno je znati registracione karakteristike nitroceluloznih detektora posle njihovog dugog vremena boravka u vodi.

Ispitivana je regresija broja tragova alfa-cestica u laboratorijski sintetizovanim NC-detektorima za razlicita vremena njihovog boravka u vodi.

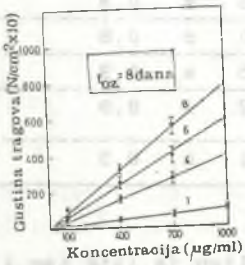
Prvi deo eksperimenta sastojao se iz ozracivanja detektora metom urana tokom 10 minuta, zatim uranjanja folija u destilovanu vodu, nagrizanja posle odredjenog vremena boravka i merenja gustine tragova. Vreme nagrizanja definisano je tako da se skine sloj debljine 1 μm za sve ispitivane laboratorijski sintetizovane i komercijalne detektore (KODAK: CN-85 i LR-115), namenjene za poredjenje. Pocetno nulto vreme je uzeto kao vreme merenja neposredno posle ozracivanja detektorskih folija. Drugi deo eksperimenta sastojao se iz: -ozracivanja detektorskih folija u vodenom rastvoru uranil-acetata C(urana) = 100 μg/ml, tokom 28 dana, i -pracenja gustine tragova u zavisnosti od vremena ozracivanja detektora razlicitim koncentracijama, C(urana) = 100 μg/ml; 400 μg/ml; 700 μg/ml i 1000 μg/ml, tokom 8 dana.

Na sl. 1. data je zavisnost gustine tragova alfa-cestica od vremena izlaganja detektorskih folija, koje su sadrzale latentne tragove, u vodi na sobnoj temperaturi (20° C) pre nagrizanja. Za sve tipove ispitivanih detektora nadjeno je da se efikasnost registracije smanjuje zbog regresije latentnih tragova. Smanjenja relativne efikasnosti iznose od 10 - 20%.



Sl.1. Regresija alfa tragova u funkciji vremena boravka u vodi

Sl.2. predstavlja zavisnost gustine alfa-tragova od koncentracije urana u rastvoru uranil acetata za razlicita vremena ozracivanja. Ovakvi dijagrami su kalibracione krive za odredjivanje nepoznate koncentracije alfa-emitera u vodi putem brojanja alfa- tragova.



Sl. 2. Gustina alfa-tragova za razlicite koncentracije urana i vremena ozracivanja

Prema dobijenim eksperimentalnim rezultatima moze se zakljuciti da detektor CN-BDH (tip 1) ima slicne karakteristike kao CN-85 u regresiji broja tragova za vreme boravka u vodi. Najveci uticaj vode je dobijen za nitroceluloze sa niskim sadrzajem azota i stepenom viskoznosti. CN-BDH (tip1) moguce je

koristiti za odredjivanje niskih koncentracija alfa-emitera u vodenim rastvorima sve do 20 dana ekspozicije. Posle ovog perioda javlja se uticaj regresije tragova. Verovatno da pri duzim vremenima ekspozicije ima uticaj i proizvodnje radiokoloida.

Rezultati odredjivanje ukupne alfa-aktivnosti primenom cvrstih detektora nuklearnih tragova

U ovom radu nije odredjivana koncentracija urana u geotermalnim i mineralnim vodama primenom cvrstih detektora nuklearnih tragova, zbog nemogucnosti ozracivanja uzoraka tako visokim fluksom termalnih neutrona i iskljucenosti primene nitroceluloznih detektora za merenje tragova fisionih fragmenata.

Ispitivana je mogucnost primene laboratorijski sintetizovanog detektora CN-BDH (tip 1) i detektora CR-39 za merenje ukupne alfa-aktivnosti u 10 nasih poznatih geotermalnih i mineralnih voda. Ukupna zapreminska aktivnost (Bq/m3) izracunavana je putem izraza $A = k \times N / Kf$ gde je: A - ukupna zapreminska aktivnost, Bq/m^3; k - konstanta registracije, Bq x s/(m x trag) , $k = A/N$; N - gustina formiranih tragova u jedinici vremena (s), $trag/(m^2 x s)$ Kf- faktor koncentrovanja, Kf = 50;

U tabeli I.-1. dati su rezultati odredjivanja ukupne alfa-aktivnosti u uzorcima 10 jugoslovenskih izvora geotermalnih i mineralnih voda, dobijeni primenom cvrstih detektora nuklearnih tragova.

Tabela I.-1. **Rezultati merenja ukupne alfa-aktivnosti**

M e s t o	Gustina tragova po jed. vremena, $trag/(m^2 \times s)$	Aktivnost Bq/m^3
Niska Banja	7,8 ± 1,2 (*)	725
Melenci	1,4 ± 0,1	130
Tuhelj.Toplice	2,8 ± 0,3	260
Vranjska Banja	1,6 ± 0,6	148
Varazdinske T.	4,2 ± 0,9	390
Daruvarske T.	2,3 ± 0,3	214
Gornja Trepca	2,0 ± 0,8	186
Gamzigradska B.	1,5 ± 0,3	140
Vrnjacka B. "Slatina"	1,2 ± 0,9	112
Kursumlijska B.	1,1 ± 0,5	102

* SD(n=5)

Radni etaloni izvor pripremljen je isto kao i ispitivani uzorci vode: na plansetu od nerdjajuceg celika (d = 3 cm) , postavljenu na postolju koje se moze fino nivelisati, volumetrijski je prenesen 1 ml Po-210, uparen do suva pod IC lampom, zatim planseta je zagrejana na otvorenom plamenu do poceka crvenog usijanja, a posle hladjenja dodato je 2 ml 0,1% metilmetakrilata u cilju dobijanja filma reda velicine ~ 1 µm. Formirani film ima dvostruku funkciju: - da smanji mogucnost kontaminacije detektora, posto se postupak ozracivanja zasniva na sendvic-metodi, i - da se poveca osetljivost NC-detektora, degradacijom energije alfa-cestica, zbog navedene energetske

zavisnosti. Eksperimentalnim putem je odredjeno da je konstanta registracije kod primene "suve" metode : k = 93 [Bq x s/trag x m]

CONCLUSSION

In the Table 1. are represented results obtained by detector CR-39. Registration constant of "dry" method: k = 93 [Bq·s/track·m] was experimentally determined. The obtained results are completly in accordance with results obtained by home made cellulose nitrate detector CN-BDH (type 1), but with large difference in registration constant (4-5 times less). According to Regulations on maximum radioactive contamination of human enviroment and corresponding decontamination ("Sl.list SFRJ No 8/1987") water samples taken from these spa were completely in accordance with legal regulations. Gross alpna-activity ranged from 100-730 Bq/m³. The highest activity was measure in water sample from Niska Banja - 725 Bq/m³, while the least activity was measured in the water samle from Kursumlijska Banja - 102 Bq/m³. The results obtained by application of solid state nuclear track detectors are completly in accordance with the results obtained by other method (Benderac et al., 1989)

REFERENCE

Benderac, R. (1986): Water efect sensitivity and tracks regression on SSNTDs, Nuclear Tracks , 12, 153 -157.
Benderac, R. (1990): Primena laboratorijski sdintetizovanih cvrstih detktora nuklearnih tragova, Mag.teza, PMF Beograd.
Chaudhurri, N.K. et al (1982): Analysis of uranium and plutonium in binary mixtures using the technique of Track registration from solutions, Nucl.Tracks, 6,109-113.
Claudine, B.(1979): Thorium and uranium determinationsin rock solutionsby the inducedfission track method, Nucl.Tracks, 3,101-108.

NISKOFONSKE KARAKTERISTIKE 9"x 9" NaI(Tl) GAMA SPEKTROMETRA OBLIKA JAME

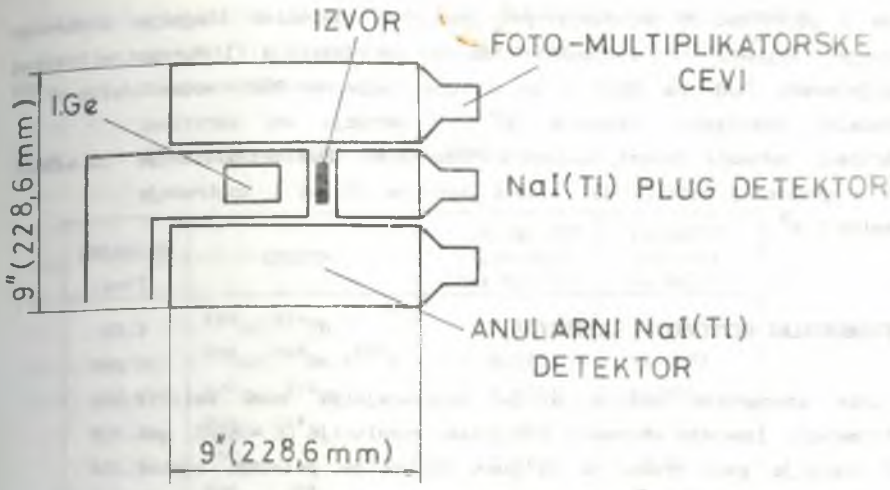
I. Bikit, M.Krmar, M.Vesković, J.Slivka, Lj.Čonkić
Institut za fiziku, Prirodno-matematički fakultet
Univerziteta u Novom Sadu,
Trg Dositeja Obradovica 4, Novi Sad

UVOD

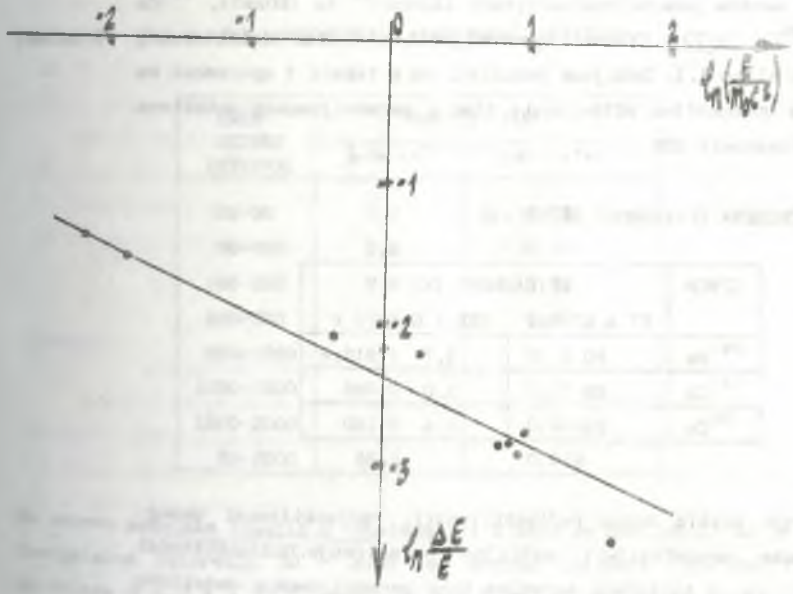
Sve do pojave visoko-rezolucionih poluprovodničkih gama spektrometara, scintilacioni NaI(Tl) detektori su imali vodeću ulogu u gama spektroskopiji. Međutim i danas ovi detektori su veoma značajni u čitavom nizu niskofonskih primena gama spektroskopije pre svega zbog svoje velike efikasnosti i mogućnosti korišćenja detektora velikih zapremina i različatih oblika. Veliki NaI(Tl) detektori se često koriste u anti-koincidentnoj ili koincidentnoj spektroskopiji pri čemu kristal oblika jame ili anularnog tipa okružuje germanijumski detektor. Karakteristike ovakvih antikomptonskih spektrometara su detaljno merene [1],[2], ali pri tome nisu korišćene kompletne spektroskopske karakteristike ovakvih sistema. Optimalno merenje spektralnih karakteristika izvora pomoću ovakvog sistema obuhvata istovremenu detekciju direktnih spektara u Ge i NaI(Tl), kao i detekciju antikoincidentnog spektra u Ge detektoru. Postavka ovako kompleksnih merenja zahteva detaljno poznavanja karakteristika NaI(Tl) spektrometra. U ovom radu su opisana merenja osnovnih spektroskopskih karakteristika 9"x 9" NaI(Tl) detektora oblika jame.

EKSPERIMENTALNE TEHNIKE

Kristal NaI(Tl) je projektovan kao zaštitni (guard) detektor čistog germanijumskog detektora (i.Ge). Konstrukcija je prikazana na slici 1. Anularni detektor i detektor u obliku čepa, koji se po potrebi može i ukloniti, predstavljaju specifični detektor oblika jame (well type) u kome se svetlosni signali sakupljaju i pojačavaju u 7 fotomultiplikatora. Podešavanjem primenjenog visokog



Slika 1. KONSTRUKCIJA ANTIKOMPTONSKOG GAMA SPEKTROMETRA OBLIKA JAME



Slika 2. IZMERENA ENERGETSKA ZAVISNOST REZOLUCIJE NaI(Tl) SPEKTROMETRA

napona i pojedinačnih pojačanja postignuto je optimalno slaganje pojačanja. Signali iz fotomultiplikatora se sabiraju i preko predpojačavača Canberra 2005 i pojačavača Canberra 2021 vode u višekanalni analizator Canberra 35^+. U merenju su korišteni kalibrisani tačkasti izvori kompanije "Amersham". Fon detektora je meren u gvozdenoj zaštiti [3] zidova debljine 25 cm i unutrašnje zapremine 1 m^3.

EKSPERIMENTALNI REZULTATI I DISKUSIJA

Loša energetska rezolucija je najznačajnija mana NaI(Tl) spektrometara. Izmerene vrednosti energetske rezolucije ($R = \Delta E/E$; gde je E energija gama zraka, a ΔE puna širina na polovini visine odgovarajućeg maksimuma totalne apsorpcije) su prikazane na slici 2. Sa logaritamskog grafika može se videti da energetska zavisnost rezolucije prati očekivanu $R \approx E^{-1/2}$ zavisnost. Efikasnost NaI(Tl) detektora je merena pomoću radioaktivnih izvora ^{241}Am (60keV), ^{137}Cs (661keV) i ^{60}Co (1173; 1332keV) postavljenih u centar detektorskog sistema (vidi sliku 1.). Dobijene rezultati su u tabeli 1 upoređeni sa odgovarajućim vrednostima efikasnosti čistog germanijumskog detektora nominalne efikasnosti 25%

TABELA 1. IZMERENA EFIKASNOST DETEKCIJE

IZVOR	EFIKASNOST [%]		
	9" x 9" NaI	25% i.Ge	r
^{241}Am	60	3,7	16,2
^{137}Cs	69	1,0	69
^{60}Co	24	0,4	60

Pri merenju niskih nivoa radioaktivnosti, radioaktivnost samog detektora može predstavljati ozbiljno ograničenje. Radioaktivnost NaI(Tl) detektora je testirana merenjem fona germanijumskog detektora u gvozdenoj zaštiti bez i sa NaI(Tl) detektorom u položaju kao na slici 1. Intenziteti nekih značajnih fonskih linija (merenih 100ks) su

upoređeni u tabeli 2. Ukupni fon i.Ge detekotora se ne povećava postavljanjem NaI(Tl) detektora, ali je evidentno prisustvo ^{40}K i ^{232}Th scintilacionom sistemu.

TABELA 2. INTENZITETI NEKIH LINIJA U FONU

ENERGIJA (keV)	IZOTOP	INTENZITET [odb./ks] bez NaI(Tl)	INTENZIET [odb./ks] sa NaI(l)
63,3	$^{238}U/\ ^{234}Th$	3,1(4)	5,0(9)
186,0	$^{238}U/\ ^{226}Ra + ^{235}U$	4,8(6)	6,4(5)
238,6	$^{232}Th/\ ^{212}Pb$	5,9(8)	12,5(6)
609,3	$^{238}U/\ ^{214}Bi$	3,2(2)	3,7(3)
661,7	^{137}Cs	2,6(3)	0,6(2)
911,2	$^{232}Th/\ ^{228}Ac$	0,5(1)	1,9(3)
1461	^{40}K	1,6(2)	6,5(4)
TOTAL	(30-2000 keV)	1551 (4)	1514 (3)

TABELA 3 FON NaI(Tl) DETEKTORA U GVOZDENOJ ZAŠTITI

ENER-GETSKI INTERVAL	NaI(Tl) FON	
	[odb./s]	[odb./s·keV]
30-50	2,5	0,12
50-100	5,8	0,12
100-200	8,9	0,09
200-500	13,8	0,05
500-1000	9,1	0,02
1000-1500	5,0	0,01
1500-2000	1,9	0,004
28-2600	48,2	0,019

Na osnovu podataka iznetih u tabelama 2 i 3 može se zaključiti da je u energetskom intervalu 30 - 2000 keV brzina brojanja fona NaI(Tl) detektora $R = 2.4 \times 10^{-2}$ odbroja/s keV i da je oko 30 puta veća od odgovarajuće brzine brojanja i.Ge detektora. Ova vrednost je konzistentna sa izmerenim vrednostima efikasnosti datim u tabeli 1.

U niskofonskoj spektroskopiji kvalitet detektora i zaštite se može direktno predstaviti detekcionim limitom za različite radionuklide. Na osnovu ref.5 detekcioni limit se može izraziti :

$$A = \frac{4,5}{\varepsilon p_\gamma \cdot t} \left[1 + \sqrt{1 + 0,44\ b \cdot t} \right] \qquad (1)$$

gde je ε efikasnost detekcije ; p_γ je prinos gama zraka po raspadu; b je brzina brojanja fona u vrhu totalne apsorpcije, a t je vreme merenja uzorka. Pri izvodenju relacije 1 predpostavljeno je da je greška brzine brojanja fona b zanemarljiva. Odredeni detekcioni limiti NaI(Tl) i i.Ge detektora su dati u tabeli 4 (oba detektora su se nalazila u gvozdenoj zaštiti).

TABELA 4 GRANICE DETEKCIJE NaI(Tl) I i.Ge DETEKTORA

IZVOR	t [ks]	A_m [Bq] NaI(Tl)	A_m [Bq] i.Ge
^{241}Am	5	0,33	0,31
	10	0,23	0,20
	50	0,10	0.08
	100	0,07	0,05
^{137}Cs	5	0,11	0,27
	10	0,08	0,16
	50	0,03	0,05
	100	0,02	0,04
^{60}Co	5	0,08	0,26
	10	0,05	0,13
	50	0,02	0,03
	100	0,01	0,02

Poredeći ove dve vrednosti vidi se da je detekcioni limit na niskim energijama skoro jednak što znaći da se superiorna efikasnost na ovim energijama anulira visokom brzinom brojanja fona u ovoj oblasti. Na višim energijama zavisnost A od t se sve više razlikuje za ova dva detektora. Pri merenju od 5ks detekcioni limit NaI(Tl) detektora je oko 3 puta niži neko i.Ge . Produžavanjem vremena merenja ova razlika se smanjuje.

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati pokazuju da uprkos lošijoj rezoluciji i zbog toga težoj identifikaciji vrha u spektru 9"x 9" NaI(Tl) detektor može dati spektralne informacije koje su uporedljive sa onim dobijenim pomoću i.Ge . Ovo je posebno slučaj za gama zrake visokih energija i kraća vremena brojanja. Ovo opravdava napor da se kombinuje vrhunska rezolucija i.Ge i velika efikasnost NaI(Tl) detektora da bi se dobio niži detekcioni limit. U daljem radu nastojaćemo da razvijemo metodu za odredivanje malih koncentracija radionuklida koja bi koristila spektralne podatke istovremeno sakupljane i jednom i u drugom detektoru.

LITERATURA

[1] H. Klucke, J. Beetz, Proc. of the third int. conf. "Low Radioactivities '85." Bratislava 1987; Veda p.p. 150

[2] M. Moszyński; Nucl. instr. Meth. in Phys. Res. A280 (1989) 73-82

[3] I. Bikit, et. al., Low level shield for gamma-spectrometers; XXVIII ETAN VI, 51 (1984)

[4] R.L. Heath: Scintillation spectrometry gamma-ray spectrum catalogue IDO-16880 (1964)

[5] I. Aničin, C. Yap; Nucl. Instr. and Meth. 1, 259 (1987)

ABSTRACT

General spectroscopic features of the 9"x 9" well type NaI(Tl) detector are investigated emphasising the low level applications. It is shown that the detection limit of this detector is lower than that of a 25% nominal efficiency i.Ge . This means that besides the guard function in compton-supression i.Ge systems, the NaI(Tl) yields usefull additional data on the source measured.

ЛИЧНА ДОЗИМЕТРИЈА И ДОЗИМЕТРИЈА ОКОЛИНЕ ПОМОЋУ TLD

Цветановска Л., Ановски Т., Векић Б.*, Раногајец-Комор М.*

Центар за примена на радиоизотопи - Скопје
*Институт "Руђер Бошковић" - Загреб

Резиме

Са циљем да се унапреди лична дозиметрија и дозиметрија околине проучено је више TL - материјала (CaF_2,LiF, MgB_4O_7 и др.) и извршен је избор одговарајућих материјала (LiF,CaF_2) за примену како у личној тако и у дозиметрији околине.

Примењивост ових дозиметра (LiF,CaF_2) у личној дозиметрији паралелно са филм дозиметрима показана је код групе испитаника који користе изворе јонизирајућих зрачења у свакодневној пракси.

Употребом LiF и CaF_2 дозиметра одређена је интегрална апсорбциона доза на више локација у СР Македонији које се налазе на различним надморским висинама.

У В О Д

Развој нуклеарне енергетике као и све већа примена извора јонизирајућег зрачења у разним областима човекове делатности,условио је развој нових дозиметријских система односно метода за прецизно одређивање апсорбиране дозе зрачења.Примена ефекта термолуминисценције (TL) у дозиметрији зрачења показала се као успешна,тако да последњих неколико деценија код нас и у свету бележи се интензивна научна активност / 1,2,3 / на пољу TL - дозиметрије при чему материјали типа LiF,CaF_2,MgB_4O_7,Al_2O_3,$CaSO_4$,BeO и др. најчешће су предмет испитивања.

Предност TL - дозиметрије у односу на друге класичне методе дозиметрије је евидентна и условљена фактом да она уводи нови квалитет у дозиметрији јонизирајућег зрачења и то: могућност детекције односно мерења скоро свих врста јонизирајућег зрачења у широком опсегу доза (μGy до 10 exp 5 Gy) / 4 /,висока осетљивост,тачност,репродуцибилност резултата,постојење ткивног еквивалента TL - материјала и велика флексибилност облика TL - дозиметра са могућношћу вишеструке употребе и др.

Због ових својства TL - дозиметрија данас има све ширу примену како у личној дозиметриској контроли лица који су професионално изложени јонизирајућем зрачењу,тако и за мерење ниских доза озрачености којим је изложено становништво т.ј. дозиметрија околине.

Е К С П Е Р И М Е Н Т А Л Н И Р А Д

Са циљем да се изврши адекватан избор TL-дозиметра намењених како за личну тако и за дозиметрију околине, испитивана је осетљивост, репродуцибилност, енергетска зависност, линеарност, нулта доза, "Fading" различитих TL - материјала. Као најподеснији материјали изабрати су LiF и CaF_2. После извршене калибрације (термички поступак, озрачење и TL-читање) извршена је апликација у личној и дозиметрији околине.

Лична дозиметрија

Изабрана је група испитаника који раде у области дефектоскопије где користе интензивне изворе јонизирајућег зрачења на којом је извршена двојна контрола абсорбиране дозе са истовременом експозицијом TL - дозиметра на бази LiF и филм дозиметра. Очитавања интегралне апсорбиране дозе вршена су месечно у лабораторији за радиациску хемију и дозиметрију у институту "Руђер Бошковић" у Загребу односно у лабораторији за филм дозиметрију у Заводу за здравствену заштиту у Скопљу.

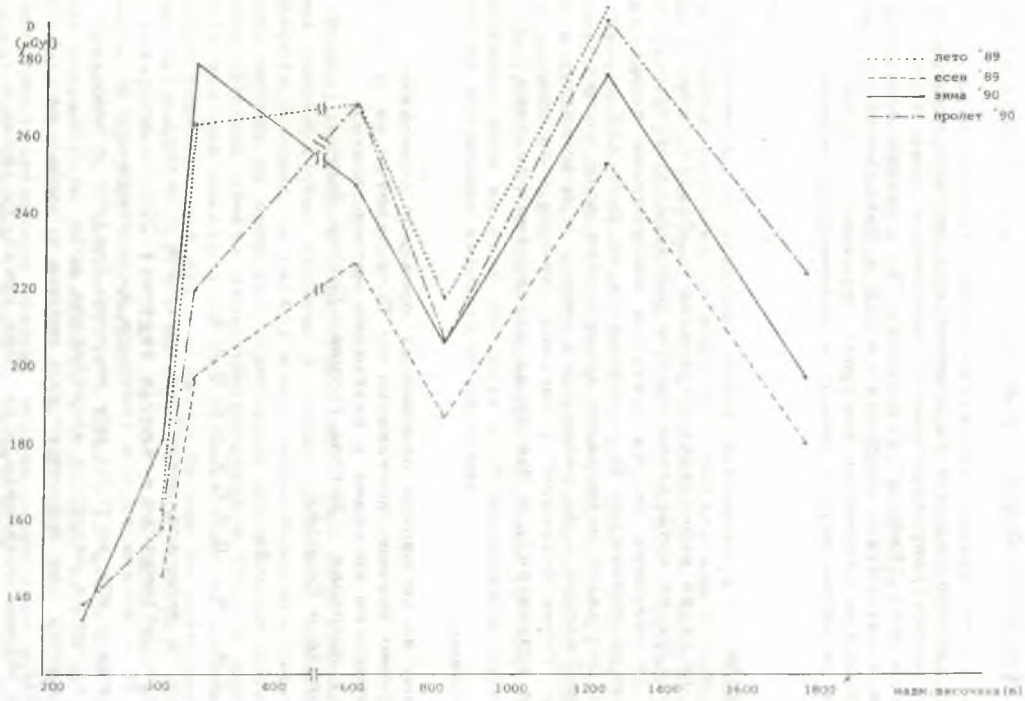
Дозиметрија околине

У настојању да се одреди изложеност локалног становништва јонизирајућем зрачењу, постављани су TL-дозиметри на различитим надморским висинама у круговима метеоролошких станица које су лоциране у: Битола, Крушево, Попова Шапка, Штип, Берово, Виница и Скопје.

Р Е З У Л Т А Т И И Д И С К У С И Ј А

За разлику од филм-дозиметријске контроле у личној дозиметрији која систематски показује вредност "0" за апсорбиране дозе, TL - дозиметријска контрола даје вредности у опсегу од 8*10exp-2 mGy до 0,69 mGy месечно. Имајући у виду прецизност са којом се одређује апсорбирана доза са TLD показана је предност ове дозиметријске методе у односу на филм дозиметрију.

Резултати мерења дозиметрије околине показују вредности у опсегу од 134-294 μGy за период од 3 месеца. Добијене вредности углавном су у границама доза које се сусрећу и на другим локацијама широм наше земље. На слици 1 приказана је зависност апсорбиране дозе за поједине локације у функцији од надморске висине и годишњег доба. Извесно одступање од очекиване зависности (повећање апсорбиране дозе са надморском висином) може се објаснити са различитим геолошким формацијама које су присутне на испитиваним локацијама, а повећана апсорбирана доза у летњем периоду у односу на дозу која је измерена у зимско-пролећном периоду највероватније је условљена сунчевом активношћу.



Сл.1. Абсорбиране дозе за поједине локације у функцији надморске висине и годишњег доба

З А К Љ У Ч А К

На основу изведених и презентираних истраживања повезаних са личном и дозиметријом околине са TLD можемо закључити:

1. Примена TL-дозиметра у личној дозиметријској контроли због своје тачности (иако нема трајног записа апсорбиране дозе лица која раде са јонизирајућим зрачењем) имају извесну предност у односу на филм-дозиметрију.

2. Због једноставности у примени TL-дозиметра, њихове вишеструке примене, високе репродуцибилности и прецизности, TL-дозиметрија се показала као много ефикасна у одређивању апсорбиране дозе при радиоактивном мониторингу околине.

3. Са циљем да се разграничe доприноси космичког зрачења од оног на земљи, потребно је да се изврши идентификација присутних радионуклеида за сваку локацију.

Abstract

Different TL - materials (CaF_2, LiF, MgB_4O_7) have been studied. The most appropriate TL-dosimeters for personal and environmental dosimetry were selected and applied.

Р Е Ф Е Р Е Н Ц Е

/ 1 / Ranogajec-Komor M., et all, "Comparasion of some TLD 's for low dose clinical measurements", Personal Radiation Dosimetry, IAEA Vienna, 1987

/ 2 / Ranogajec-Komor M., Osvay M., "Dosimetric Characteristics of Different TLPhosphors", Radiation, Protection and Dosimetry, vol 17, 379, 1986

/ 3 / Ranogajec-Komor M., Szabo P.P., Vekic B., Dvornik I. "Characteristics of some TLD 's for low dose measurements", Proc. 11th Regional Congress of IRPA, Vienna, 1983

/ 4 / Uchrin G., Ranogajec-Komor M. "thermoluminiscence dosimetry", Ionizing Radiation, Protection and Dosimetry, Paic G. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1988

LIČNA DOZIMETRIJA ZA NUKLEARNE NESREĆE U SVJETLU NOVOG RAZVOJA MATEMATIČKOG MODELIRANJA AKUTNIH EFEKATA ZRAČENJA
I. KRITERIJI LIČNE DOZIMETRIJE I DOZIMETRIJSKI KRITERIJI AKUTNE RADIJACIJSKE BOLESTI

I. DVORNIK, S. MILJANIĆ
Institut, "Ruđer Bošković" P. O. Box 1016, Zagreb, Jugoslavija

SAŽETAK

Poboljšanja osnovnog dozimetrijskog sistema za nuklearne nesreće čija su osnova tkivu-ekvivalentni lični dozimetar DL-M4 i klorbenzen-etanol-trimetilpentan (CET) kemijski dozimetrijski sistem, predlažu se kao rezultat novog napretka u razumijevanju i matematičkom modeliranju akutne radijacijske bolesti (ARB) nastale neravnomjernim ozračenjem organizma gama zračenjem ili miješanim neutronskim i gama zračenjem.

KRITERIJI LIČNE DOZIMETRIJE

Kriteriji za poboljšanje sistema dozimetrije za nuklearne nesreće (DNN) proizlaze iz glavnih problema DNN: (1) djelotvornost u uvjetima neočekivane nesreće nakon što se više godina nije koristio; (2) prihvatljivost za medicinske praktičare kao sredstvo za dijagnozu i prognozu ARB; (3) cijena opremanja i održavanja; (4) kompatibilnost s uobičajenim redovnim poslom i životnim navikama.

Dozimetrijski sistem DL-M4 s kolorimetrijskim čitačem, kao i njegova osnova, kemijski dozimetar CET, ispitivani su i testirani prema općim kriterijima radijacijske dozimetrije i kriterijima lične dozimetrije za nuklearne nesreće [1-7]. Neka svojstva ovog sistema su jedinstveno rješenje problema dijagnoze radijacijske ozljede i prognoze ARB [1,5,7]:

(a) Uvijek spreman za upotrebu bez provjere, dodatne obuke ili tehničkog održavanja: visoka reproducibilnost, točnost i višegodišnja stabilnost pojedinačnih kalibracija; jednostavnost upotrebe; neovisnost o izvoru energije; niska cijena čitača što omogućava, s 50 do 100 dozimetara po čitaču, decentraliziranu individualnu dozimetriju stanovništva [5,7].

(b) Direktno mjerenje ukupne neutronske i gama tkivne apsorbirane doze neovisno o: (1) energijskom spektru fotona ili neutrona u svim praktično važnim spektrima za doze do15 Gy; (2) temperaturi: od -50 do +50^{0}C; (3) brzini doze: do 10^7 Gys^{-1}; (4) vremenu nakon ozračenja: signal se ne gubi mjerenjem, mali i reprodicibilan feding [1,3-5,7].

(c) Osjetljivost i točnost dovoljni kao potpora medicinskim akcijama:
(1) (a) za brzu trijažu u klase očekivane težine ARB (Tab. 1) uz brzo očitavanje doza (50-100 doza po satu) točnost pojedinog očitanja iznosi ±0.40 Gy ili ±20% prema tome što je veće; (b) za individualnu prognozu ARB oko $LD_{50/60}$ (2 do 8 Gy) postupkom preciznog očitavanja (5-10 doza po satu) točnost je ±0.10-0.15 Gy ili ±5-7% prema tome što je veće; svi podaci o točnosti dani su za 95%-tni nivo pouzdanosti [5,6];
(2) za planiranje medicinske njege velikog broja slučajeva akutne ARB točnost prosječne doze velikog broja brzih očitanja je bolja od one dane u (1, b) i ima zanemarivu sistematsku pogrešku [6, Tab. 2.].

Noviji razvoj dozimetrijskih kriterija ARB matematičkim modeliranjem [8-14], koje daje dobro slaganje izračunatih parametara ARB i eksperimentalnih ili kliničkih činjenica, predstavlja dobru osnovu za preispitivanje kriterija DNN. Sada je naime moguća ispravnija interpretacija površinskih doza mjerenih ličnim dozimetrom.

Direktno mjerenje **m**aksimalne (MPDT) i **min**imalne (MINPDT) **p**ovršinske **d**oze u **t**kivu neutronskog i gama zračenja, uz aproksimaciju raspodjele H_T kroz volumen tijela, daje sada bolje mogućnosti za prognozu ARB za sve kombinacije neravnomjerne raspodjele doze ili odnosa neutrona i gama zračenja unutar tijela.

U slučajevima "velikih" polja zračenja kod katastrofalnih događaja (tipično za nuklearne eksplozije manjih razmjera ili gama zračenje na velikim kontaminiranim površinama [18-21]; uz D_{max}/D_{min} do 3 [16,19,20]), izgleda da su dozimetrijski kriteriji medicinske trijaže dobro utvrđeni [15-17]. Prihvaćeni kompromis za čiste radijacijske ozljede i prosječni odnos doza-efekt sumiran je u Tablici 1. Nakon takvih događaja prioriteti djelovanja zahtijevaju najveću moguću točnost statističkih prosjeka lične dozimetrije, a važnija je mogućnost decentralizacije mjerenja nego visoka preciznost pojedinih doza.

Tablica 1. Dosimetrijski kriteriji trijaže

Doza (MPDT), Gy+:	1-2	2-4	4-6	preko 6
Težina ARB:	I laka	II srednja	III teška	IV krajnje teška
Vjerijatnost smrti bez terapije, %	0-5	5-50	50-95	95-100

+Doze iz literature preračunate u MPDT

Kod manjih nesreća, s većim stupnjem neravnomjernosti doza, znanstveni razlozi i medicinska etika traže što je moguće potpuniju dozimetrijsku (dijagnostičku) dokumentaciju za svaku osobu. U takvim slučajevima novi matematički modeli bit će od velike pomoći.

Za djelovanje miješanih polja neutronskog i gama zračenja autori [8] uvode pojam "poopćene ekvivalentne doze": $H_T = D_T \times Q_T (L, D_T)$, gdje je D_T doza unutar mikro-volumena koji sadrži stanice T-tog kritičnog organa, a $Q_T (L, D_T)$ je "poopćeni faktor kvalitete", veličina određena lokalnim LET-om (L) neutrona (to znači i energijom neutrona, E_n), lokalnom dozom (D_T) i tipom stanica (T), tj. vrstom organa [8, str.146, 158-165].

DOZIMETRIJSKI KRITERIJI ARB - MATEMATIČKO MODELIRANJE

Preživljenje ozračenog organizma u većini slučajeva ovisi o oštećenju i oporavljanju hematopoetskog sistema (HPS).

Matematički pristup formuliranju odnosa doza-efekt za vjerojatnost preživljenja organizma (VPO) nakon neravnomjernog ozračenja počinje konceptom kritičnog organa. Prvi koji je sistematski istraživao ovaj pristup bio je V. P. Bond [22,23] sa svojim "modelom preživljenja matičnih stanica (MS)" za hematopoetski sindrom ARB (matične stanice HPS proizvode sve funkcionalne stanice u krvi).

Osnovna pretpostavka Bondovog modela je: "Preživljenje organizma nakon oštećenja HPS bit će **jednako pri jednakom** kritičnom udjelu preživjelih matičnih stanica (u procentima od njihovog ukupnog broja), bilo da se radi o ravnomjernom ili neravnomjernom ozračenju organizma". Uz pretpostavku jednake radioosjetljivosti svih MS ukupni udio za pse je dobiven kao suma svih parcijalnih udjela: $N_i/N_0 = 1 - [1 - \exp(-D_i/D_0)]^n$ (sa $D_0 = 0.9$ Gy i $n = 1.5$), gdje su N_i i D_i broj preživjelih MS, odnosno doza u svakom dijelu HPS unutar kojeg se može smatrati da je ozračenje bilo ravnomjerno (doza ista za sve matične stanice). Kasniji i točniji eksperimentalni testovi nisu mogli potvrditi ovaj model [8].

Gozembuk i Keirim-Markus su našli rješenje problema uvođenjem promjene u osnovnu pretpostavku: . . ."bit će **jednako pri jednakom** kritičnom udjelu ukupne HP aktivnosti (HPA) koja je ostala netaknuta nakon ozračenja neovisno o raspodjeli doze u različitim dijelovima HP tkiva". Ova promjena omogućila je da se nađe ispravan matematički izraz o doznoj zavisnosti oštećenja HPA. Zavisnost je određena empirijskim postupkom putem analize eksperimenata na psima (s različitim stupnjem neravnomjernosti ozračenja), a potvrđena za čovjeka analizom kliničkih nalaza akcidentalno ozračenih ljudi [8,9].

$$f(D) = d \exp[-(D-D_q)/D_{01}] + (1-d) \exp[-(D-D_q)/D_{02}] \quad (1)$$

sa parametrima koji se predlažu za pse i ljude [8] prema Tablici 2.

Tablica 2. Parametri dozne zavisnosti HP aktivnosti

Parametar:	d	D_q, Gy	D_{01}, Gy	D_{02}, Gy
Pas:	0.97	1.4	0.2	0.75
Čovjek:	0.96	1.5	0.17	1.4

Izraz (1) predstavlja revolucionarni doprinos znanosti. Novo u ovom "modelu preživljenja hematopoetske aktivnosti" u usporedbi s "modelom preživljenja matičnih stanica", su: vrlo visok D_q (što daje vrijednost "n" iznad 1000!), i dva eksponencijalna dijela koji pokazuju različitu osjetljivost na zračenje dviju komponenata HPA (D_{01}, D_{02}). D_{01} se hipotetski pripisuje osjetljivosti "pravih" matičnih stanica koje su u stadiju diobe, a D_{02} djelomično diferenciranim stanicama. Visoka vrijednost D_q hipotetski se tumači postojanjem dijela matičnih stanica koje se (kao rezerva) nalaze u stanju mirovanja diobe, pa su samim tim i otpornije na zračenje [8, str.118].

Parametri su predloženi kao prosjek za različite vrste pasa. Dobiveno je odlično slaganje izračunatih vrijednosti za pse i eksperimenata sa najrazličitijim tipovima neravnomjernosti ozračenja, pa je to olakšalo ekstrapolaciju modela na čovjeka. Zbog malog broja slučajeva ozračenih ljudi s preciznim i potpunim podacima o kliničkom praćenju ARB, te s jače neravnomjernom i točno poznatom raspodjelom doza po cijelom volumenu organizma, parametri za čovjeka u Tablici 2 su manje točni.

Da bi standardizirali i usporedili efekte neravnomjernog ozračenja (bilo koje vrste zračenja) Gozembuk i Keirim-Markus uvode koncept "jednakovrijedne doze" (ruski: "ravnocennaja doza"), **D***, koja se definira kao "apsorbirana doza gama zračenja koja, u slučaju potpuno ravnomjernog ozračenja organizma, izaziva isti ukupni biološki efekt kao ispitivani slučaj neravnomjernog ozračenja istog organizma" (**D*** je analogna pojmu H_E koji se upotrebljava u zaštiti od zračenja) [8, str.102]. Iz ove definicije i gornje pretpostavke slijedi da istu vrijednost **D*** može pokazati beskonačno mnogo različitih slučajeva neravnomjernog ozračenja koji svi rezultiraju jednakim udjelom preživjele HPA.

LITERATURA: vidi na kraju drugog dijela rada.

LIČNA DOZIMETRIJA ZA NUKLEARNE NESREĆE U SVJETLU NOVOG RAZVOJA MATEMATIČKOG MODELIRANJA AKUTNIH EFEKATA ZRAČENJA II. DOZNA ZAVISNOST PREŽIVLJENJA I PRAKTIČNE KONSEKVENCE ZA LIČNU DOZIMETRIJU

I. DVORNIK, S. MILJANIĆ
Institut, "Ruđer Bošković" P. O. Box 1016, Zagreb, Jugoslavija

DOZNA ZAVISNOST PREŽIVLJENJA ORGANIZMA

Na osnovi dozimetrijskih kriterija i matematskog modela ARB iz prvog dijela ovog rada autori su dali brojčane vrijednosti **D***.

Za čovjeka, vrijednosti **D*** prikazane u Tablici 3 određene su ekstrapolacijom iz analize svih objavljenih podataka o ozračenim ljudima [8, str.48, 136-41]. Korištenjem jednadžbe (1) i vrijednosti **D***(HP) iz Tablice 3 izračunali smo podatke u Tablici 4.

Praktično značenje ovih podataka pokazano je u slijedećem primjeru: Unutar tijela postoji područje najmanje doze. Kod ozračenja sprijeda u tom području su kičma i zdjelica koji sadrže velik udio HP-tkiva (HPT). Uz 40% HPT ozračenog s 2.2 Gy Tablice 3 i 4 pokazuju da će 1.6% (=0.4x4.1%) od ukupne HPA preživjeti dajući vjerojatnost preživljenja organizma (VPO) od 50%, i kad bi u svim ostalim dijelovima preživljenje HPA bilo jednako nuli.

Matematički model za GI sindrom razvijen je teorijski i potvrđen empirijski [8, str.127-142]. Navodimo samo krajnji, veoma važan rezultat: **D***(GI) = srednja vrijednost H(GI) (= prosjek H(GI) po ukupnoj masi tankog crijeva, i to pod jedinim uvjetom da su sve lokalne vrijednosti H(GI) manje od 25 Gy (tj. da lokalna doza nije nigdje veća od 25 Gy). Ovaj model vrijedi u realnim slučajevima gdje se GI-sindrom uvijek pojavljuje na podlozi letalnog HP-sindroma ARB [8, str.139].

Tablica 3. Ovisnost vjerojatnosti preživljenja organizma (VPO) o D* za hematopoetski (HP) i gastrointestinalni (GI) sindrom čovjeka

VPO, %+	100	90	50	10
D* (HP), Gy	1.5	2.2	2.8	3.5
D* (GI), Gy	6.8	7.5	9.0	10.6

+ VPO nakon 60 dana za HP i 14 dana za GI (u oba slučaja bez terapije)

Tablica 4. VPO za čovjeka kao funkcija udjela preživljavanja HPA

VPO, %	90	50	10
Udio HPA, % (računski)	4.1	1.6	0.95

POSLJEDICE VAŽNE ZA DOZIMETRIJU ZA NUKLEARNE NESREĆE

Krivulja VPO = f(D) ima najstrmiji nagib oko LD_{50}. To je od velike važnosti za točnost koja se traži od DNN sistema: 10% greške kod LD^*_{50} daje ~22% promjene VPO. U realnim akcidentalnim uvjetima LD_{50} raste s porastom neravnomjernosti ozračenja. Nagib se manje mijenja tako da promjena očekivane VPO za 10% greške LD_{50} može biti do 40%. Prema tome, u slučaju katastrofe s velikim brojem smrtno ozračenih, greške prosječne doze od 10% mogu dovesti do sasvim neprihvatljivih grešaka u prognozi ARB i planiranju medicinske njege (npr. planiranju broja osoba za hospitalizaciju). Točnost statističkih prosjeka dobivenih iz podataka mjerenja dozimetara DL-M4 (mogu biti dosta ispod 5%, praktično bez sistematske greške), teško se može dostići drugim dozimetrijskim metodama.

S jednadžbama i podacima iz ref. [8] (uključujući vrijednosti $Q_T(E_n, H_T)$ i D^*), te pristupačnim podacima o "velikim" poljima zračenja [18-21] i o dubinskim raspodjelama doza za fotone [24] i neutrone [25], izračunali smo dubinsku raspodjelu za H(HP) i H(GI) u modelu ljudskog tijela (izloženog "velikim" poljima zračenja: n+gama polju "fisionog" ili onom "14 MeV" izvora zračenja nuklearnih eksplozija te "kvazi" izotropnom polju gama zračenja) za vrijednosti MPDT od 6 i 10 Gy. Zaključci su slijedeći:

(1) MPDT daje efekte koji se općenito slažu s onima u Tablici 1 (realna polja sa značajnim udjelom raspršenog zračenja od susjednih objekata).

(2) MPDT=6 Gy je praktično apsolutno letalna zbog oštećenja HPA, i dosta ispod praga za GI sindrom u svim poljima. Tako je čak i za MPDT=10 Gy usprkos udjelu od 0.6 D_n u MPDT.

(3) MPDT, tj. maksimalna površinska n+gama doza u tkivu koju direktno mjeri DL-M4, je prema tome dovoljna mjera za dijagnozu/prognozu ARB.

Naše preporuke za optimizaciju osnovnog sistema DNN [7] su:

(a) Za "velika" polja MPDT (n+gama) potpuno zadovoljava. Za trijažu na individualnom nivou potrebno je nositi dva dozimetra na suprotnim stranama tijela. U pripremi je izrada dozimetra DL-M4 dimenzija ø9x100 mm i poboljšanog vizuelnog čitača. Posebno poznavanje neutronske doze nije potrebno.

(b) Za vrlo neravnomjerna akcidentalna izlaganja minimalni zahtjev je poznavanje MPDT + MINPDT (određuje se položaj tijela prema izvoru) što se može postići nošenjem četiri dozimetra oko pojasa. To može dati dobru aproksimaciju raspodjele H_T i $[H(HP)]_{min}$ (polje zračenja može unaprijed biti dobro poznato). Za prognozu individualnih ARB preporučuje se postavljanje fantoma s dozimetrima (izvana i iznutra) u prostoriji u kojoj su moguća akutna izlaganja. Za dobivanje potpunih podataka o dubinskoj raspodjeli doza potreban je cilindričan vodeni ili tkivu-ekvivalentni fantom dimenzija ø240x400 mm s 19 DL-M4 dosimetara (po krugu izvana, te na 4 i 8 cm dubine, a jedan u osi). Ako postoji dostupan TLD čitač, dozimetrima DL-M4 se može dodati točan, precizno kalibriran, neosjetljiv na neutrone i energetski nezavisan tip TL dozimetara.

ZAKLJUČAK

Nakon više od dvadeset godina intenzivnog istraživanja, razvijeni su matematički modeli za akutne radijacijske efekte na nivou organizma. Modeli vjerno prikazuju prirodne događaje u ovom veoma složenom području i doprinose boljem razumijevanju nekih mehanizama. Ovaj vrijedan rad Gozembuka i Keirim-Markusa je od posebne važnosti u praksi lične dozimetrije za nuklearne nesreće, za interpretaciju mjerenih podataka i, prema tome, za optimizaciju dozimetrijskog sistema za nuklearne nesreće.

ABSTRACT. Improvements of the basic nuclear accident dosimetry (NAD) system, based on the tissue-equivalent personal dosimeter DL-M4 and the chlorobenzene-ethanol-trimethylpentane (CET) chemical dosimetry system, are proposed as a result of recent advances in the understanding and mathematical modeling of acute radiation sickness (ARS) produced by nonuniform irradiation of the organism with gamma rays or mixed neutron plus gamma radiations.

LITERATURA

1. Ražem, D., Miljanić, S., Dvornik, I. Chemical Dosimetry, u: Ionizing Radiation, Protection and Dosimetry, G. Paić (Ed), CRC Press, Boca Raton, Fl.,USA, 1988, pp. 157-186.
2. Dvornik, I., i dr. u: Solid State and Chemical Radiation Dosimetry in Biology and Medicine, Proc. Symp. IAEA, Vienna, 1967, p. 273.
3. Dvornik, I., U: Proc. IAEA Panel on Nucl. Accident Dosimetry Systems, IAEA, Vienna, 1970, p. 131 and Recommendations.
4. Miljanić, S., i dr. u: Proc. 5th Symp. Neutron Dosimetry, Vol. 2, Schraube, H., et al. (Eds.) Comm. European Communities, Luxembourg, 1985, pp. 855-864.

5. Dvornik, I., i dr. u: IAEA-TECDOC-402, Proc. Tech. Committee Meeting on Personal Radiation Dosimetry, IAEA, Vienna, 1987, pp. 197-205.
6. Dvornik, I., i dr. u: Recent Developments and New Trends in Rad. Protec., Proc. XI Regional Congr. of IRPA, Vienna 1983, OVS-Mitteilung 1984/5, Vol 1, Vienna, 1984, pp. 138-143.
7. Dvornik, I., Miljanić, S., u: Advances in Beta and Neutron Dosimetry, Proc. 1st Yugoslav-Italian, Rad. Prot. Meeting, M. Prokić (Ed.), Boris Kidrič Inst., Belgrade, Yugoslavia, 1987, pp. 86-96.
8. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Dosimetric Criteria of the Severity of Acute Irradiation of Man (na ruskom), Energoatomizdat, Moscow, 1988.
9. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Radiobiologija 17, 6, 936/8 (1977).
10. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Radiobiologija 28, 3, 335/9 (1988).
11. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Radiobiologija, 28, 4, 356/63 (1988).
12. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Radiobiologija, 28, 6, 803/8 (1988).
13. Bliznjuk, A. P., i dr. Radiobiologija, 28, 6, 809/11 (1988). (na ruskom)
14. Gozembuk, V. L., Keirim-Markus, I. B., Radiobiologija, 28, 6, 812 (1988).
15. Conklin, J. J., et al. (eds), Military Radiobiogy, Academic Press, London, 1987.
16. Burnazjan, I. I., Guskova, A. K. (redaktori), Masovie radijacionnye poraženija i voprosy organizacii medicinskoj pomošči, Moskva, Medicina, (1987).
17. Jarmomenko, S. P., Radiobiology of Humans and Animals (prevod s ruskog), Mir Publishers, Moscow, 1988.
18. Straker, E. A., Nucl. Sci. Eng., 46, 334-55 (1971).
19. Kerr, G. D., Health Phys. 37, 487-508 (1979).
20. Kerr, G. D., u: Proc. 4th Symp. Neutron Dosimetry, EUR 7448 EN, Vol I, 501-13 (1981).
21. Gorjačev, I. V., i dr. Calculation and Testing of Protection from Radiations of the Nuclear Explosion, Atomizdat, Moscow, 1976. (na rus.)
22. Robinson, C. V., Bond, V. P., Radiation Res. 31, 604/5 (1967).
23. Bond, V. P., Robinson, C. V., Radiation Res. Suppl. 7, 265-75 (1967).
24. Gozembuk, V. L., i dr. Dozovaja nagruzka na čeloveka v poljah γ-n izlučenija, Atomizdat, Moskva, 1978.
25. Zolotuhin, V. G., i dr. Tissue Doses of Neutrons within Mans Body, Handbook, Atomizdat, Moscow, 1972 (na rus.)

XVI jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Neum, 28. - 31.05. 1991

KRITERIJUMI ZA BRZO ODREĐIVANJE RADIONUKLIDA U MESU

Đurić G., Čupić Z.*, Popović D., Šmelcerović M.**

Katedra za radiologiju i Katedra za fiziku, Veterinarski fakultet ,Beograd
* Srednjoškolski centar, Benkovac
** Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd

Apstrakt. U radu se razmatranju kriterijumi za brzo određivanje sadržaja radionuklida u mesu, u slučajevima nuklearnih nesreća širih razmera. Određene su granice tačnosti, osetljivosti i preciznosti trijažne metode "debeloslojnog uzorka" u akcidentalnim uslovima. Kao komparativna metoda korišćena je standardna metoda spektrometrije gama zračenja.

UVOD. U uslovima povećanog sadržaja radioaktivnih supstancija u životnoj sredini, bez obzira na njihovo poreklo, iste će se veoma brzo naći i u velikom broju namirnica biljnog i životinjskog porekla. Stoga se u akcidentalnim uslovima postavlja kao prioritetni zahtev za što bržim dobijanjem informacija o sadržaju pojedinih radionuklida u svim uzorcima iz životne sredine (vazduhu, vodi, namirnicama, stočnoj hrani). Ovo se posebno odnosi na tzv. biološki značajne radionuklide koji se uključuju u metaboličke procese u živom organizmu i predstavljaju značajan rizik za populaciju u celini i pojedine kritične grupe unutar nje (2).
Nuklearni udes u Černobilu, aprila 1986. godine, potvrdio je ove činjenice i nametnuo pitanje daljeg razvoja brzih, trijažnih metoda za određivanje sadržaja radionuklida u namirnicama. Ove metode treba istovremeno da daju brzu i pouzdanu informaciju o nivou aktivnosti radionuklida i izvrše selekciju uzoraka u odnosu na njihovu upotrebljivost ili neophodnost dalje radiometrijske analize (3,4,5).
U tom cilju u radu se razmatraju granice osetljivosti, tačnosti i pouzdanosti metode "debeloslojnog uzorka" kao trijažne metode u akcidentalnim uslovima uz korišćenje metode spektrometrije gama zračenja kao komparativne.

MATERIJAL I METODA. Kompozitni uzorci jagnjećeg i junećeg svežeg mesa sakupljeni su posle nuklearne nesreće u Černobilu, tokom 1986. i 1987. godine na teritoriji Srbije.
Ukupni sadržaj radionuklida u mesu određen je metodom "debeloslojnog uzorka", na nuklearnim merilima SVIT-10-OK-1 i SVIT-11-OK-2 (proizvodnje IBK, Vinča) (6).

Radionuklidi 40K, 134Cs i 137Cs su identifikovani i kvantitativno određeni na Ge(Li) detektoru (ORTEC) i 4096 kanalnom analizatoru (ND-100) metodom spektrometrije gama zračenja.

REZULTATI I DISKUSIJA

Stabilnost nuklearnih merila SVIT-10-OK-1 i SVIT-11-OK-2 određena je pomoću kontrolnog dijagrama nivoa prirodnog zračenja ("fona"), praćenog u dužem vremenskom intervalu (četiri i više nedelja). Kao kriterijum stabilnosti uzet je srednji nivo "fona" (imp/s) u opsegu dve standardne devijacije (±2σ) u toku datog vremenskog perioda. Merenja kontrolnog nivoa "fona" potrebno je ponavljati tromesečno, u najkraćem vremenskom intervalu od jedne nedelje.
Rezultati ispitivanja uticaja vremena merenja na ukupnu grešku metode (pri datom nivou aktivnosti uzorka) za nuklearno merilo SVIT-11-OK-2 i merilo SVIT-10-Ok-2 pokazuju da se zavisnost ukupne greške metode (σ) od vremena merenja (t) može aproksimirati eksponencijalnom funkcijom

$$\sigma = ae^{-bt}$$

gde su a,b parametri - funkcije nivoa aktivnosti uzorka, specifičnosti samog instrumenta itd. pa se stoga moraju eksperimentalno odrediti za svako nuklearno merilo i nivo aktivnosti uzorka (red veličine) posebno. Ovo pre svega zato što smanjenje nivoa masene aktivnosti za faktor 100 povećava ukupnu grešku metode za faktor 10 i više, za utvrđeni opseg vremena merenja.
S druge strane, procenjeno optimalno vreme merenja za data nuklearna merila u slučaju akcidentalnih situacija iznosi 3600 s. U tom slučaju, ukupna greška metode za nivo aktivnosti reda veličine 10^3 Bq/kg ne prelazi 5%.
Po proveri pouzdanosti i osetljivosti metode i merila, uporedili smo rezultate određivanja nivoa aktivnosti radionuklida (pre svega 134,137Cs) u mesu metodom "debeloslojnog uzorka" i metodom spektrometrije gama zračenja. Tačnost metode "debeloslojnog uzorka" definisali smo kao relativnu grešku metode

$$\sigma A = \Delta A/Agama$$

gde je Δ A - apsolutna greška = Adsu- Agama, a Adsu i Agama su masene aktivnosti uzorka izmerene metodom "debeloslojnog uzorka" i metodom spektrometrije gama zračenja, respektivno. Aktivnost uzorka određena metodom spektrometrije gama zračenja predstavlja zbirnu aktivnost radionuklida 134,137Cs i 40K. Obzirom da su merenja obavljena godinu dana posle nuklearnog akcidenta, aktivnost ostalih fisionih produkata bila je u granicama greške metode ili ispod nivoa detekcije.
Rezultati određivanja tačnosti metode "debeloslojnog uzorka" dati su tabelarno, u Tabeli 1. Tačnost metode leži u opsegu od 10-30% (sa izuzetkom uzorka br.5) zavisno od nivoa aktivnosti uzorka. Razlike izmedju nuklearnih merila su pri tome zanemarljive.

Tabela 1. Tačnost metode "debeloslojnog uzorka" za određivanje nivoa ukupne aktivnosti radionuklida u mesu

Uzorak broj	M a s e n a a k t i v n o s t (Bq/kg) SVIT-10-OK-1	SVIT-11-OK-2	Gamaspektrom.	Tačnost σA(%)
1	2701 ± 289	2703 ± 179	2398 ± 179	13
2	3792 ± 284	3857 ± 168	4371 ± 337	12
3	1244 ± 263	1230 ± 149	1419 ± 106	13
4	830 ± 392	851 ± 220	765 ± 68	11
5	105 ± 118	102 ± 66	198 ± 15	48
6	192 ± 112	176 ± 66	205 ± 17	14
7	242 ± 122	210 ± 70	302 ± 27	27
8	115 ± 120	119 ± 72	94 ± 9	23
9	74 ± 66	73 ± 66	102 ± 8	28
10	82 ± 117	83 ± 66	106 ± 9	22
11	94 ± 118	89 ± 73	105 ± 10	24

Iz Tabele 1. sledi da srednji korekcioni faktor F definisan kao(1):

$$F = Agama/ Adsu$$

iznosi 1,11 i 1,14 za SVIT-10-OK-1 i SVIT-11-OK-2, respektivno.

Primena opisanog postupka međutim, moguća je samo u slučajevima kada su uzorci mesa kontaminirani smešom fisionih produkata u kojoj su dominantni beta-gama emiteri i to u odnosu sličnom onom kao u slučaju nesreće u Černobilu. Za drugi sastav smeše i drugu vrstu uzorka iz životne sredine, potrebno je posebno odrediti opsege tačnosti i preciznosti, kao i vrednost korekcionog faktora. Obzirom na samu grešku metode "debeloslojnog uzorka", metoda je primenljiva pre svega za nivo aktivnosti reda veličine 10^3 Bq/kg i iznad, što znači da se u granicama prihvatljive greške može koristiti i u slučaju nuklearnih nesreća širih razmera.

ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je metoda "debeloslojnog uzorka" za određivanje ukupne aktivnosti radinuklida u uzorcima namirnica i stočne hrane dovoljno osetljiva, tačna i pouzdana u okvirima greške, za merenja u terenskim uslovima rada. U slučajevima nuklearnih nesreća sličnih onoj koja se dogodila u Černobilu, 1986 g. metoda se može koristiti kao brza, predselektivna metoda, uz navedena ograničenja.

Summary

The paper presents the criteria for the fast evaluation of the radionuclides contents in meat in case of nuclear accidents on the large scale. The limits of sensibility,accuracy and reliability of the "thick layer sample" method are estimated and the results are compared with those obtained by standard gamma spectrometry.

References

1. Čupić Z. 1989. Magistarska teza, Veterinarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
2. Djurić G.,Popović D.,Djujić I. 1987. The contents of some biologicaly significant radionuclides in meat. Proceed.VIIth World Cong.FoodSci.&Tech.,Singapore, 182.
3. Djurić G. et al. 1989. Radioactive contamination of food and forage in Serbia after the Chernobyl Accident. In Rad.Prot.- Select.Topics,IBK, Vinca, Beograd,421-426.
4. Hawkes N. et al. 1986. The Chernobyl Accident. Academic Press, London.
5. IAEA Bull. 1986. Vienna, 3(28).
6. Šmelcerović,M., Djurić,G. 1988. "Thick layer sample" method for radionuclides contents evaluation in the environment. Proceed. IInd Yug.-Ital. Symp.Rad.Prot., Udine, 325-328.

XVI Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja ,Neum,
28-31.05.1991.godine

MERENJE KONCENTRACIJA RADONOVIH KRATKOŽIVEĆIH POTOMAKA U RADNOJ I ŽIVOTNOJ SREDINI SCINTILACIONOM TEHNIKOM

Hajduković D.

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

Kratak sadržaj .Prikazane su metode koje se upotrebljavaju za merenje kratkoživećih radonovih potomaka u radnoj sredini odredjivanjem alfa aktivnosti .Neke od tih metoda mogu se koristiti i u životnoj sredini("inddor")ali sa dužim vremenom prosisavanja vazduha i upotrebom filtra ,scintilatora ZnS i fotomultiplikatora -sa aktivnim površinama od cca 100 cm^2.

Uvod

Postoje brojne metode obradjene u literaturi i potvrdjene i primenjivane u praksi, koje se koriste za merenje koncentracija radonovih kratkoživećih potomaka 218-Po, 214-Pb, 214-Bi odn. 214-Po,potencijalne alfa energije raspada radona na svoje potomke i odredjivanja Working Levela odn. PAEC.Sve metode koriste vakuum pumpe za prosisavanje vazduha kroz filtre poznate efikasnosti i direktno merenje alfa aktivnosti sa filtra scintilacionom tehnikom koja podrazumeva scintilator (ZnS,Ag) i fotomultiplikator sa skalerom.

Tsivoglou(1,1953)u svojoj disertaciji obradio je jednačine raspada radona na svoje kratkoživeće potomke i zajedno sa Ayer i Holaday-em (2,1953) dao metodu koja se koristi u rudnicima SAD i od 1960.g. postala je zvanična metoda opisana u HASL(3). Harley (4,1953) je dao sličnu metodu služeći se graficima , zatim Raabe i Paterson (5,1965), Dahla i sar.(6,1967).Rabsson i Werwey(7,1963) dali su metodu koju koriste u rudnicima Južne Afrike . Raabe i Wren (8,1969) su dali metodu za kratkotrajno uzimanje uzoraka . J.Thomas je (9,1970) je modifikovao metodu Tsivoglua i uveo integralno merenje od 2-5,6-20 i od 21-30 minuta nakon uzimanja uzorka. Kusnetz(10,1956) je dao prvi brzu metodu sa jednim merenjem i kasnije slično ovome i.Rolle (11,1969). Markov,Riabov i

Staas(12,1962) koriste u SSSR-u integralnu metodu sa dva merenja ,od 1-4 i od 7-10-tog minuta nakon uzimanja uzorka.Brzu metodu sa kratkotrajnim uzimanjem uzorka dao je Kartašov(13,1966). U francuskim rudnicima bila je u upotrebi metoda Billarda i Miribel-a(14) koja je napuštena zbog dugog uzimanja uzorka i dugog merenja .

Naime, za merenje kratkoživećih radonovih potomaka u radnoj sredini rudnika potrebno je opredeliti se za što kraće uzimanje uzorka - kod dužeg uzimanja zbog velike zaprašenosti na filtru se može obrazovati deblji sloj prašine što otežava merenje ,a takodje i merenja treba obaviti što pre po uzimanju uzorka ,radi što kraćeg zadržavanja u jami.

Za merenje u životnoj sredini s obzirom na očekivane niske koncentracije ,potrebno je izabrati metodu sa što dužim vremenom uzorkovanja ,sa što većim protokom vazduha a za što je potrebno imati odgovarajuću vakuum pumpu ,veći filtar prečnika Ø 110 mm , istih dimenzija i scintilator ZnS i fotomultiplikator.

<u>Pogodne metode za radnu sredinu</u> (15)(16)

<u>a) Očekivana visoka koncentracija</u>

Najpogodnija je metoda Raabe i Wreen-a(8,1969) . Uzimanje uzorka na filtru je u trajanju od samo jednog minuta. Alfa aktivnost na filtru se meri 5,15 i 30-tog minuta nakon uzimanja uzorka u imp/min odn. preračunato na osnovu efikasnosti brojačkog uredjaja na α dpm (A_5,A_{15} i A_{30}) . V je protok vazduha lit/min a potrebno je obezbediti više od 30 liara prosisanog vazduha . Q_2,Q_3i Q_4 prestavljaju broj atoma na litar respektivno za RaA,RaB i RaC :

$$Q_2=1/V(19,40 \cdot A_5 -43,94 \cdot A_{15}+ 27,72 \cdot A_{30})$$
$$Q_3=1/V(-4,83 \cdot A_5 -81,26 \cdot A_{15}+159,70 \cdot A_{30})$$
$$Q_4=1/V(-9,19 \cdot A_5+113,40 \cdot A_{15}-87,10 \cdot A_{30})$$

a odavde su pojedinačne koncentracije RaA,RaB i RaC datu u "pC/l" , "Eα" i "WL" kako je uradjeno u originalu metode:

$$C_{RaA} = 0,1023 \times Q_2 \quad (pCi/l) \quad \times 37 \quad (Bq/m^3)$$
$$C_{RaB} = 0,01165 \times Q_3 \quad (pCi/l) \quad \times 37 \quad (Bq/m^3)$$
$$C_{RaC} = 0,00158 \times Q_4 \quad (pCi/l) \quad \times 37 \quad (Bq/m^3)$$

Ukupna alfa energija $E\alpha = /(13,68\ Q_2 + 7,68\ (Q_3 + Q_4))/$
Working Level= $E\alpha\ (10^5$ MeV/l): 1,3 ... x 20,8 = $\mu J/m^3$ = PAEC

b)Očekivane uobičajene koncentracije u radnoj sredini

Najpogodnije metode su sa uzimanjem uzorka u trajanju od 5 minuta.Na ovaj način se može koristiti više metoda (2),(9), (10),(11) i (12).

1.Metoda Tsivoglou,Ayer,Holaday(2)

Prosisavanje vakuum pumpom u trajanju od 5 minuta ,direktno merenje alfa aktivnosti 5,15 i 30-tog minuta po završetku prosisavanja : A_5, A_{15} i A_{30} u imp/min.

Koncentracije 218 Po,214 Pb i 214 Bi(RaA,RaB,RaC) su:

C_{RaA}=1/V (0,5945 A_5 - 1,347 A_{15} + 0,8509 A_{30}) pCi/l
C_{RaB}=1/V (-0,0448 A_5 - 0,1485 A_{15} + 0,3598 A_{30}) pCi/l
C_{RaC}=1/V (-0,0293 A_5 + 0,3997 A_{15} + 0,3246 A_{30}) pCi/l

Ukupna alfa energija $E\alpha$ (MeV/l) uprošćeno:
$E\alpha$ =RaA(pCi/l)x 134(MeV) + RaB(pCi/l) x 659(MeV) +RaC (pCi/l) x 485(MeV)
Working Level = $E\alpha\ (10^5$ MeV/l) : 1,3

C_{RaA}, C_{RaB} i C_{RaC} dato u pCi/l ,prema originalu metode prevesti u SI množenjem sa 37 da bi se dobili Bq/m^3, kao i WL pomnožen sa 20,8 da bi se dobio PAEC u $\mu J/m^3$.

2.Metoda J.Thomas-a(9) modifikovana metoda (2)

Nakon završetka prosisavanja u trajanju od 5 minuta ,meri se alfa aktivnost na filtru integralno od 2-5 , od 6-20 i od 21 do 30 minuta : I_1 , I_2 i I_3 imp/min a koncentracije potomaka radona dobijaju se:

C_{RaA}= 1/V(0,1689 I_1 - 0,0820 I_2 + 0,0775 I_3) pCi/l
C_{RaB}= 1/V(0,0012 I_1 - 0,0206 I_2 + 0,0491 I_3) pCi/l
C_{RaC}= 1/V(-0,0225 I_1 + 0,0332 I_2 - 0,0377 I_3) pCi/l

Ukupna alfa energija ,working Level,odn PAEC i koncentracije potomaka u Bq/m^3 kao i prethodnoj metodi.

3.Metoda Markova i sar.(12)

Po završetku uzimanja uzorka u trajanju od 5 minuta ,

vrše se dva integralna merenja u trajanju po 3 minuta i to od prvog do 4-tog i od 7. do 10-tog minuta. Ima se A_I i A_{II} u korigovanim vrednostima na efikasnost brojačkog uredjaja.

Koncentracije potomaka RaA,RaB i RaC su:

$$C_{RaA} = \frac{1,18(A_I - A_{II})}{V lit/min \times 5'} \times 10^{-13} Ci/lit \quad ..x\ 3,7\ Bq/m^3$$

$$C_{RaB} = \frac{3\ A_{II}}{V\ lit/min \times 5'} \times 10^{-14} Ci/lit \quad ..x\ 0,37\ Bq/m^3$$

$$C_{RaC} = \frac{(5,97A_{II} - 2,44\ A_I}{V\ lit/min \times 5'} \times 10^{-14} Ci/lit \quad ..x\ 0,37\ Bq/m^3$$

Ukupna alfa energija $E\alpha = \frac{40\ A_{II}}{V\ lit/min \times 5'}$ (MeV/lit)

WL= $E\alpha$/1,3 odn. pomnoženo sa 20,8 daje PAEC u $\mu J/m^3$

4.Metoda Kusnetza(10)

Nakon prosisavanja vazduha od 5 minuta vrši se samo jedno merenje u vremenu nakon 40 minuta od uzimanja uzorka .Za merenje od 40-tog minuta koristi se faktor 150, za 50-ti minut 130 ,za 60-ti minut 110 itd. Dobija se vrednost samo Working Level-a odn. PAEC. Aktivnost alfa na filtru A_k

$$WL = \frac{A_k}{t \cdot F_k \cdot V} \quad tj\ t=5' \quad F_k \text{ od } 150 \text{ do } 60 \text{ i } V\ lit/min$$

5.Metoda Rolle(11)

I ova metoda spada u brze metode i metode sa jednim merenjem a pomoću nje odredjuje se samo Working Level. Za prosisavanje vazduha u trajanju od 5 minuta ,merenje aktivnosti na filtru meri se 8-mog minuta i 25 sekundi nakon prestanka prosisavanja. Autor je dao stalan faktor za korekciju F= 200. Ima se working level :

$$WL = \frac{A_r}{t \cdot F_r \cdot V} \quad tj.\ t= 5\ min\ ,F_r=200\ \text{ i } V\ lit/min$$

Stanje ravnoteže

Postoje pojedinačni odnosi ravnoteže izmedju koncentracije potomaka i radona definisano:

fA=CRaA/CRn , fB=CRaB/CRn i fC=CRaC/CRn ...

Ukupni ravnotežni faktor F izmedju EECRn222(Bq/m^3) kao ravnotežno-ekvivalentna koncentracija radonovih potomaka i CRn

koncentracija radona (Bq/m^3) definisano kao:

$$F = \frac{0,106C(218\text{-}Po)+0,513\ C(214\text{-}Pb) + 0,381\ C(214\text{-}Bi)}{C\ (Rn\ 222)} = \frac{EEC\ Rn222}{C(Rn222)}$$

Pogodne metode za životnu sredinu

1.Metoda Rolle(11) .U ovom slučaju koristi se filter od Ø 110 mm,poznate efikasnosti i vakuum pumpa koja može da obezbedi oko 300 litara protoka vazduha za 20 minuta prosisavanja. Ovako uzet uzorak meri se posle prosisavanja 4-tog minuta i 50 sekundi i broj imp/min koriguje se na efikasnost brojačkog uredjaja. Za efikasnost milipor filtra ima se:

$$WL = \frac{A\alpha\ dpm}{V\ lit/min\ .\ 20\ min\ .\ 200}$$ gde je 200 stalni faktor

Umnoškom sa 20,8 dobija se PAEC u $\mu J/m^3$.

2.Metoda Billarda i Miribel-a (14)

Uzima se uzorak kao u prethodnoj metodi 20 minuta. Vrše se merenja na filtru prvog,10-tog i 80-tog minuta nakon uzimanja uzorka .Potrebno je uzeti uzorak i za merenje koncentracije radona u scintilacione bočice. Ova metoda daje vrednosti za ravnoteže izmedju potomaka i radona :

$$fA=1/Q_{Rn}\ (\ 4,458\ \ A_1 +6,949\ A_{1o} +7,187\ A_{8o}\ )$$

$$fB=1/Q_{Rn}\ (-0,523\ \ A_1 +0,417\ A_{1o} +3,827\ A_{8o}\ )$$

$$fC=1/Q_{Rn}\ (-0,133\ \ A_1 +2,148\ A_{1o} -3,625\ A_{8o}\ )$$

Gde je Q_{Rn} = C x 1,23 x V , gde je C konc.radona u imp/min

V lit/min x 20 min uzimanja

Na osnovu poznate koncentracije radona 222 i dobijenih vrednosti faktora pojedinačnih ravnoteža fA=RaA/Rn, fB=RaB/Rn i fC=RaC/Rn mogu se odrediti RaA,RaB i RaC.

RaA,RaB i RaC kao i koncentracija radona ,prema originalu metode izražavaju se u pCi/l ,a lako se kao i u prethodnim metodama može preći na Bq/m^3. Na isti način ,može se obračunati $E\alpha$ odnosno WL ,kao što je prikazano kod metode Tsivogloua(2) i rezultat izraziti u PAEC $\mu J/m^3$.

Osetljivost-donja granica detekcije 4 Bq/m^3.

Praktično ,za ovu metodu koristimo opremu koju imamo za odredjivanje dugoživećih alfa emitera, vakuum pumpu Staplex i merni uredjaj sa fotomultiplikatorom 54AVP Davio.

MEASUREMENTS CONCENTRATIONS OF SHORT LIVED RN-DAUGHTERS IN WORKING AND LIVING AREA WITH SCINTILATIONS TECHNIC

Hajduković D.

Institute for occupational health and radiological protection "Dr Dragomir Karajović" Belgrade,Deligradska 29

Summary

A review of the methods used for measurement of short lived Rn-Daughters in working area with determination of alpha activity , is presented.Some of this methods can be used olso for living areas("indoor") but with longer time of sampling and applying filtre, scintilater ZnS and photomultiplicater with active surface cca 100 cm^2.

Bibliografija

(1)TsivoglouE.C.,Quantative Description of Successive Transformation in Atmospheric Samples.Disertation,Ohio,State University(1953)

(2)Tsivoglou E.C.,Ayer H.E.,Holaday D.H. Occurence of nonequilibrium Atmospheric Mixtures of Radon and its Daught. Nucleonic 11 , 40,no 9(1953)

(3)HASL 91-Experimental Environmental Study of A.E.C.Leased Uranium Mines,USAEC,Repport Hasl 91,June (1960)

(4)Harley J.H. Sampling and Measurements of airborne daughters produce of radon.Nucleonics,11,12(1953)

(5)Raabe O.G.,Paterson F.S. A method of Analysis of air Sampling data for particule Alpha Emitters in a Radon-Thoron Daughters on Atmosphere.University of Rochester Report UR-658,Feb.(1965)

(6)Dahl A.H.,Schiager K.,Radon progeny inhalation stagy.COO 1500-3(1967)

(7)Rabsson S.R.,Werwey C.Y. IAEA Rad.Health and Safety in Mining and Milling of Nucl.Mater.Vol.II,Vienna,26-31.Aug. 335 (1963)

(8)Raabe O.G.,WrennD. Health Phisics ,17 ,p 593(1969)

(9)Thomas J.W. Health Physics ,19 , no 5 , p 691 (1970)

(10)Kusnetz H.L., Am Ind.Hygiene Ass.Quarterly no 1, 17, march p 85 (1956)

(11)Rolle R., Amer.Ind.Hygiene Ass,Journal, M-A,p 153 (1969)

(12)Markov K.P.,Riabov N.V.,Staas K.N. Atomnaja Energija , 12, no 4 , p 315 (1962)

(13)Kartašov N.P.,Atomnaja Energija ,Vol 20 , no 5,p112 (1966)

(14)Billard F.,Miribel J.,Rapport interne SCRGR-PICDM CEA(1958)

(15)Hajduković D., Magistarski rad, F-B-F,Sveučilište,Zagreb(1971)

(16)Hajduković D.,Disertacija,R-G-F,Univerzitet Beograd(1976)

AVTOMATSKA ENERGIJSKA KALIBRACIJA SPEKTROV

M. Korun

Institut Jožef Stefan, Jamova 39, Ljubljana

Uvod

Uporaba računalnikov pri analizi spektrov gama iz spektrometrov s polvodniškimi detektorji je omogočila avtomatsko identifikacijo sevalcev gama. Bistven podatek za identifikacijo je energijska toleranca, to je natančnost energijske skale. Identifikacija poteka namreč na podlagi ujemanja med energijami žarkov gama in energijami vrhov v spektru. Ugodno je, če je energijska toleranca, to je največja dopustna razlika med energijo žarka gama in energijo vrha v spektru čim manjša, ker potem je manjša verjetnost za napačne identifikacije sevalcev, ki sevajo čarke z bližnjimi energijami. Posledica tega je, da je potrebno energijsko skalo pogosto preverjati, saj se ojačanje elektronskih delov spektrometra lahko s časom spreminja.

Zato je bila razvita na računalniškem sistemu ND9900 avtomatska kalibracija energijske skale, ki se izvaja kot del avtomatske analize spektrov. Avtomatska kalibracija poteka na podlagi identifikacije vrhov, ki v spektrih pogosto nastopajo. To so lahko vrhovi v ozadju spektrometrov, ali pa vrhovi, ki pripadajo radioizotopom, ki so običajno v vzorcih. Kriteriji, na podlagi katerih poteka identifikacija kalibracijskih vrhov se nanašajo na medsebojne lege vrhov v spektru in na njihove intenzitete in ne le na lego posameznih vrhov. Ker pri analizi uporabljamo energijsko skalo s kvadratnim koeficientom, morajo biti identificirani vasaj štirje vrhovi, da je mogo če preveriti veljavnost energijske kalibracije z dobroto ujemanja.

Pstopek

Glede na to, da je večina vzorcev, ki so analizirani v laboratoriju iz okolja, pripadajo energije, ki so uporabljene za avtomatsko kalibracijo naravnim sevalcem gamma. To so energije 186, 239, 295, 352, 511, 609, 1461 in 2615 keV. Vrh pri energiji 511 keV sicer ne izvira iz vzorcev ampak iz ozadja detektorjev, vendar je njegova intenziteta tako velika, da ga je mogoče uporabiti za avtomatsko kalibracijo pri meritvah, ki so daljše od 20 ur. Podobno velja tudi za vrhova pri energijah 186 in 1461 keV. Črt pri energijah ki so nižje od 186 keV ne uporabljamo za avtomatsko kalibracijo, ker zaradi nelinearnosti analogno-digitalnih pretvornikov energijske skale v spodnjem delu spektra ne moreno opisati s

kvadratno funkcijo zadosti natančno.

Postopek za identifikacijo vrha v spektru je sledeč: Izmed petih vrhov, ki ležijo najbliže kalibracijski energiji E_i je izbran tisti, ki ima najmanjšo statistično napako ploščine. Če je to edini vrh izmed petih, ki ima napako manjšo od 20% in če leži bliže kalibracijski energiji E_i kot sosednjima energijama E_{i-1} in E_{i+1} je uporabljen za energijsko kalibracijo. Problem se pojavi le pri kalibracijski energiji 239 keV, ker se v bližini te energije lahko pojavi vrh z energijo 242 keV. Ker je intenziteta vrha pri energiji 242 keV sorazmerna z intenziteto vrha pri energiji 295 keV, vrh pri energiji 239 keV ni uporabljen za kalibracijo, če je uporabljen vrh pri energiji 295 keV.

Kalibracija energijske skale se izvede, če so identificirani najmanj štirje vrhovi, od katerih mora vsaj eden ležati v zgornji polovici spektra. Koeficienti energijske kalibracije se določijo po metodi najmanjših kvadratov. Pravilnost kalibracije se preveri s količino X^2. Če leži X^2 v predpisanem intervalu, se energijska kalibracija uporabi v nadalnji analizi, sicer se pa zavrže, za analizo pa se uporabi energijska kalibracija iz prejšnje meritve. Interval, v katerem mora ležati X^2, da je kalibracija veljavna, je določen z lokalnimi nelineranostmi analogno-digitalnih pretvornikov (ref. 1) in ga je potrebno določiti va vsak pretvornik posebej.

Zaključek

Vključitev kalibracije energijske skale spektrometra v avtomatsko obdelavo podatkov je odpravila potrebo po poriodičnem preverjanju energijske skale, če so vrhovi, ki pripadajo kalibracijskim energijam v večini meritev zadosti izraziti. Izkušnje kažejo, da je vpeljava tega postopka povečala zanesljivost meritev in zmanjčala količino človeškega dela, potrebnega za preverjanje in korekcijo rezultatov.

Abstract. A procedure for automatic energy calibration of gamma-ray spectra has been developed on the spectrometry system ND9900. The procedure associates peaks commonly occurring in the measurements with their energies. On the basis of the identification the energy calibration is performed. The calibration is subsequently verified by changing the value of the X^2.

Literatura: K. Debretin, D. G. Helmer, Gamma and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, North Holland 1988, str. 198.

MERENJE APSORBOVANE DOZE NEUTRONA U TKIVU POMOĆU TKIVNOEKVIVALENTNE KOMORE

Kovačević M., Veličković D., Marković S.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu
životne sredine "Zaštita"

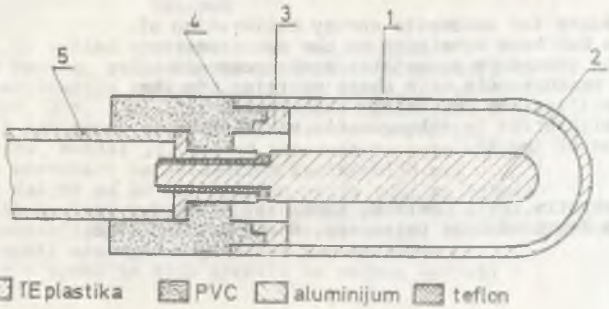
1. UVOD

Tkivnoekvivalentna jonizaciona komora, punjena tkivnoekvivalentnim gasom je često korišćen instrument za merenje apsorbovane doze u mešovitom n + γ polju. Za izradu jonizacione komore najčešće se koristi tkivnoekvivalentna plastika A - 150 i tkivnoekvivalentni gas na bazi metana. Tkivnoekvivalentna komora je instrument koji se preporučuje za merenje apsorbovane doze i kerme u neutronskoj terapiji i predstavlja stabilan i pouzdan instrument sa relativno malom greškom merenja /1/. Zbog ovih osobina tkivnoekvivalentna komora se u nekim zemljama koristi kao nacionalni etalon za apsorbovanu dozu neutrona u tkivu.

2. OPIS KOMORE I USLOVI MERENJA

Komora malih dimenzija obezbedjuje preciznije definisanje merene veličine i bolje zadovoljavanje uslova koje postavlja Bragg-Gray-ova teorija S druge strane mala dimenzije šupljine pri nižim jačinama apsorbovane doze ne daje dovoljne jačine struje za postizanje potrebne tačnosti merenja.

Polazeći od prethodnih zahteva napravljena je komora, prema sopstvenoj konstrukciji, čija je zapremina 2.5 cm^3. Oblik komore dat je na slici 1.



Slika 1. Šematski prikaz tkivnoekvivalentne jonizacione komore
1. telo komore; 2. kolektorska elektroda; 3. dno komore;
4. zaštitni prsten; 5. držač;

Tkivnoekvivalentna jonizaciona komora zahteva kalibraciju u polju γ zračenja pomoću etalona za ekspozicionu dozu γ zračenja. Da bi se to ostvarilo komora

mora imati promenljivu debljinu zida što omogućava:
- uspostavljanje ravnoteže naelektrisanih čestica pri merenju u neutronskom polju;
- uspostavljanje elektronske ravnoteže pri kalibraciji komore u γ polju;
- merenje apsorpcije primarnog zračenja u zidu komore i odredjivanje struje jonizacije za "nultu" debljinu zida;

Telo komore ima debljinu zida od 1 mm što zadovoljava uslove ravnoteže za merenja u neutronskom polju. Povećanje efektivne debljine zida se postiže navlačenjem kapa na telo komore.

Tkivnoekvivalentna komora je izradjena od tkivnoekvivalentne plastike A-150. Elementarni sastav A-150 i mišićnog tkiva dat je u tabeli 1 /1/.

Tabela 1. Elementarni sastav tkivnoekvivalentne plastike i mišićnog tkiva

Element	Mišićno tkivo (ICRU) (%)	A-150 (%)
Vodonik	10.2	10.1
Azot	3.5	3.5
Kiseonik	72.9	5.2
Ugljenik	12.3	77.6
Kalcijum	0.007	1.8
Fluor	-	1.7
Ukupno	98.9 [1]	99.9

1) preostalih 1.1 % sačinjavaju Na, Mg, P, S i K.

Iz tabele se vidi da su dva elementa od najveće važnosti, vodonik i azot, zastupljeni u odgovarajućem procentu. Medjutim zbog potrebe da se dobije provodna plastika kiseonik je u znatnoj meri zamenjen ugljenikom, što može imati značajne posledice u slučajevima kada se meri doza monoenergetskih neutrona kada je energija bliska rezonantnoj energiji na kiseoniku.

Tkivnoekvivalentni gas predstavlja mešavinu 64.4 % metana, 32.4 % ugljendioksida i 3.2 azota, odnosno elememtarni sastav je 10.2 vodonika, 45.6 ugljenika, 3.5 azota i 40.7 % kiseonika.

Jonizaciona komora je ispitivana u polju ^{252}Cf. Ukupna emisija neutrona u 4π geometriji bila je reda 10^{-9} s^{-1} neutrona. Gama doza merena GM brojačem na rastojanju od 1 m bila je 0.65 mSv/h.

3. MERENJE APSORBOVANE DOZE

Veza izmedju jačine struje i apsorbovane doze u tkivu data je jednačinom /2/.

$$R_n(\Pi k_R)_u \, d_u \, \alpha_c = (D_t)_u \frac{(W_g)_c}{(W_g)_u} \frac{(S_{m,g})_c}{r_n} \frac{\left[\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_t \Big/ \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_m \right]_c}{\left[\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_t \Big/ \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_m \right]_u} \qquad (1)$$

gde je: R_n - jačina struje, Πk_r- proizvod korekcionih faktora, d - korekcioni faktor na geometrijske uslove, D_t- apsorbovana doza u tkivu, W_g - energija potrebna za formiranje jonskog para, $S_{m,g}$ odnos zaustavnih moći gasa i zida, μ_{en}/ρ - maseni koeficijent apsorpcije, α_c- kalibracioni faktor. Indeks m se odnosi na plastiku A-150 a indeks t na tkivo. Indeks c označava uslove u kojima se komora kalibriše a indeks u uslove u kojima se komora koristi.

Ova jednačina važi pod idealizovanim predpostavkama Bragg-Gray-ove teorije. Pri praktičnom radu neophodno je odrediti niz korekcionih faktora. Da bi se apslolutno odredila apsorbovana doza potrebno je odrediti: šum komore, korekcioni faktor zbog nedostizanja zasićenja, korekcioni faktor zbog protoka gasa, korekcioni faktor zbog apsorpcije primarnog zračenja u zidu komore, korekcioni faktor doprinosa zračenja sa držača komore, korekcioni faktor zbog radijalne nehomogenosti polja, korekcioni faktor zbog aksijalne nehomogenosti polja, korekcioni faktor zbog pritiska i temperature. Neki od ovih korekcionih faktora odredjeni su eksperimentalno dok je deo proračunat. Greška sa kojom su ovi faktori odredjeni dat je u tabeli 2. Pored

Tabela 2. Neodredjenost pojedinih korekcionih faktora i ukupna neodredjenost apsorbovane doze

Veličina	Neodredjenost
Korekcioni faktor zbog nedostizanja zasićenja	± 0.4 %
Korekcioni faktor zbog protoka gasa	± 0.5 %
Korekcioni faktor zbog apsorpcije zračenja u zidu komore	± 0.5 %
Korekcioni faktor zbog rasejanja sa držača	± 0.1 %
Korekcioni faktor zbog radijalne nehomogenosti polja	± 0.3 %
Korekcioni faktor zbog aksijalne nehomogenosti polja	± 0.2 %
Korekcioni faktor zbog promene polariteta	± 0.2 %
Korekcioni faktor na pritisak i temperaturu	± 0.2 %
Odnos kerme za A-150 i tkivo	± 0.2 %
Odnos energija potrebnih za stvaranje jonskog para u A-150 i tkivu	± 4.0 %
Gas/zid konverzioni faktor	± 2.0 %
Kalibracioni faktor	± 1.0 %
Jačina struje	± 0.5 %
Ukupna merna nesigurnost	± 5.1 %

neodredjenosti korekcionih faktora na ukupnu grešku bitno utiče neodredjenost fizičkih parametara koji figurišu u jednačini 1. Varijacija rezultata dobijenih u interkomparacijima ukazale su da postoji razlika u osnovnim parametrima. Osnovi parametri su:

1. Srednja energija potrebna za formiranje jednog jonskog para.
2. Gas/zid konverzioni faktor.
3. Odnos kerme za plastiku A-150 i tkivo.

Vrednosti i neodredjenost ovih parametara uzeti su iz literaturnih podataka i dati su u tabeli 2 /2//3/.

Tkivnoekvivalentna komora je kalibrisana pomoću etalona za ekspozicionu dozu gama zračenja. Ukupna neodredjenost kalibracionog faktora data je u tabeli 3.

Tabela 3. Neodredjenost pojedinih parametara i ukupna neodredjenost kalibracionog faktora

Veličina	Neeodredjenost
jačina ekspozicione doze	± 0.8 %
jačina struje	± 0.3 %
konverzioni faktor izmedju ekspozicione i apsorbovane doze	± 0.5 %
Ukupna neodredjenost	± 1 %

4. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Ukupna merna nesigurnost apsorbovane doze u tkivu koja je odredjena pomoću tkivnoekvivalentne jonizacione komore je funkcije merne nesigurnosti pojedinih korekcionih faktora fizičkih parametara i kalibracionih faktora.

Analiza rezultata datih u tabeli 2 vidi se da najveći uticaj na mernu nesigurnost imaju fizički parametri dok je merna nesigurnost korekcionih faktora koji se eksperimantalno odredjuju neznatna. Na osnovu ukupne merne nesigurnosti može se zaključiti da realizovana komora zadovoljava uslove koji se traže pri merenju neutronske doze u neutronskoj terapiji odnosno za nacionalne etalone za ovu veličinu. Kako tkivnoekvivalentna jonizaciona komora u mešovitom polju meri ukupnu dozu koja potiče od neutrona odnosno gama zračenja to je potrebno imati dodatni sistem koji meri samo gama komponetu polja. Merenje gama komponente unosi dodatnu mernu nesigurnost tako da je merna nesigurnost merene apsorbovane doze neutrona u tkivu značajno veća.

ABSTRACT- The short description and characteristics of tissue - equivalent ionization chamber, produced in the Boris Kidric Institute, are given. Possibility for neutron absorbed dose measurement is examined as well as correction factors and uncertainty.

REFERENCE

1. ICRU 26, "Neutron Dosimetry for Biology and Medicine", ICRU Report 26, USA.
2. Broerse J.J., Mijnheer B.J. and Williams J.R., European protocol for neutron dosimetry for external beam therapy, British Journal of Radiology, 54, 882-898, 1981
3. Rubach A., Bichsel H. "Neutron dosimetry with spherical ionisation chambers IV. Neutron sensitivities for C/CO_2 and tissue-equivalent chambers, Phys.Med.Biol., 1982, Vol.27.No.12, 1455-1463.

KOŽNE DOZE ZRAČENJA U RENTGENDIJADNOSTICI TORAKALNIH ORGANA DJECE I OMLADINE

D. Milković[1], M. Ranogajec-Komor[2], A. Hebrang[3], B. Vekić[2]
[1] *Bolnica za tuberkolozu pluća i plućne bolesti djece i omladine,* [2] *Institut "Ruđer Bošković",* [3] *Ministarstvo zdravstva Republike Hrvatske, Zagreb*

Sažetak: Pri snimanju torakalnih organa djece izmjerene su kožne doze pomoću TLD-700 i LiF detektora. Ispitivanja su provedena na pacijentima od dojenačke dobi do 21 godine. Pri standardnim projekcijama srednje vrijednosti dobivenih doza na leđima su 0.27 ± 0.08 mGy, na prsnoj kosti 0.18 ± 0.08 mGy, na štitnjači 0.18 ± 0.04 mGy, na desnom oku 0.06 ± 0.03 mGy, na desnoj gonadi 0.06 ± 0.05 mGy te u desnoj pazušnoj jami 0.23 ± 0.09 mGy. Iz ovih rezultata izračunati su rizici kancerogenog i genetskog oštećenja pri pregledu torakalnih organa.

UVOD

Od izvora zračenja proizvedenih od čovjeka najveći doprinos ima zračenje koje se koristi u medicinske svrhe[1]. Na samu dijagnostičku primjenu rendgenskog zračenja u medicinske svrhe otpada blizu 95% ukupne izloženosti svim umjetnim izvorima zajedno.

Zbog poznatog radiobiološkog pravila da su mladi organizmi u razvoju najosjetljiviji na ionizirajuća zračenja posebnu bi pozornost valjalo usredotočiti na zaštitu djece prilikom izvođenja različitih rendgenskih pretraga. Polazna osnova za provođenje prevencije i zaštite od nepoželjnog djelovanja zračenja je točno poznavanje izloženosti. Na važnost ove problematike ukazuju radovi u svjetskoj literaturi[2-6] koji se odnose na odrasle. O izloženosti djece i omladine u torakalnoj radiološkoj dijagnostici, koja među rendgenskim pretragama po učestalosti zauzimaju prvo mjesto, nema radova koji bi preciznim dozimetrijskim metodima mjerili izloženost zračenju najosetljivijih organa.

MATERIJAL I METODE

U ovom radu za rendgenske pretrage koristili smo se aparaturom firme Siemens-Thoracomat za djecu mlađe životne dobi i Multix s rotacionom cijevi, te stojećim stativom za stariju djecu i omladinu. Mjerenja smo obavili pri uobičajenim standardnim pretragama i to u postero-anteriornoj (PA) i profilnoj projekciji. Udaljenost pacijenta od rendgenske cijevi je 1.5 m, raspon napona je od 70 do 120 kV, a jačina struje i vrijeme je od 1.2 mAs do 4.5 mAs.

Za mjerenje doze na pacijentima koristili smo termoluminiscentne dozimetre (TLD). Mjerenja doza u rendgendijagnostici postavlja posebne zahtjeve pred TL sistem jer sistem mora biti podoban za mjerenja niskih doza pri niskim energijama zračenja. Zbog toga smo nakon utvrđivanja parametara evaluiranja i aniliranja, te točnosti našeg mjernog sistema[7,8], pristupili kalibraciji TLD u polju rendgenskog zračenja. Na osnovu tako dobivenih

rezultata izabrali smo TLD-700 i LiF kao optimalne detektore za mjerenja kožne doze djece pri snimanju torakalnih organa[8].

Svi TL dozimetri kalibrirani su pomoću ^{137}Cs-gama izvora. Korišteni dozimetri, njihova svojstva, način očitanja i termičkog napuštanja sumirani su u našim prethodnim publikacijama[7-9].

REZULTATI I DISKUSIJA

Prilikom dozimetrijskih mjerenja tokom rendgenskog snimanja torakalnih organa mjerili smo kožne doze na ledima, sternumu, štitnjači, desnom oku, desnoj gonadi i desnom pazuhu. Dozimetri su na ledima bili u primarnom snopu kod PA, tj. postero-anteriorne snimke, a kod profilne snimke kod većine pacijenata desni pazuh je također bio u primarnom snopu. Na sternumu smo dozimetre nastojali postaviti prema smjeru ulaznog snopa na ledima. Pacijente smo podijelili u 5 dobnih skupina, od 0 do 21 godinu, a u svakoj dobnoj skupini mjerenja smo obavili na 6 do 8 pacijenata.

Rezultati mjerenja sumirani su u tablici 1., gdje su prikazane srednje vrijednosti u mGy kao i njihove standardne devijacije po dobnim skupinama na pojedinim dijelovima tijela. U tablici 1. također su prikazane srednje vrijednosti svih rezultata (D_{sr}) kao i njihove standardne devijacije (s).

Tablica 1. Srednje vrijednosti kožne doze izmjerene na različitim dijelovima tijela djece pri snimanju torakalnih organa

Dob (godine)	Doza(mGy) ± standardna dev.(mGy) Leda	Prsa	Štitnjača	D. oko	D. Gonade	D. pazuh
0-3	0.14±0.08	0.07±0.05	0.10±0.09	0.03±0.03	0.02±0.03	0.09±0.05
3-6	0.24±0.12	0.17±0.13	0.21±0.16	0.07±0.08	0.13±0.14	0.16±0.12
6-9	0.30±0.13	0.32±0.22	0.19±0.11	0.08±0.06	0.07±0.12	0.24±0.18
9-12	0.32±0.16	0.22±0.21	0.22±017	0.10±0.12	0.08±0.12	0.34±0.17
>12	0.34±0.13	0.12±0.11	0.16±0.11	0.02±0.03	0.02±0.04	0.30±0.26
D_{sr}	**0.27**	**0.18**	**0.18**	**0.06**	**0.06**	**0.23**
s	±0.08	±0.08	±0.04	±0.03	±0.05	±0.09

Razlike u veličini doza izmjerene na ledima unutar jedne dobne skupine (vidi standardne devijacije u tablici) uzrokovane su položajem pacijenata pri profilnoj snimci. Kod PA snimke strogo se pazilo da je dozimetar na ledima postavljen u centru snopa. Pri profilnoj projekciji dozimetar je ostao na istom mjestu na ledima, a centralni snop zračenja je bio usmjeren u područje pazušne jame. Tijelo pacijenta kod takvih snimaka djeluje kao apsorber na dozimetre postavljene na ledima. U obzir treba uzeti i to da su pacijenti različitih visina i težina, a i položaj djece pri snimanju nije uvijek jednak. To je i razlog zbog

kojeg dozimetri na leđima nisu bili na istoj udaljenosti od centralnog snopa kod pojedinih profilnih snimaka.

Kod djece starije dobi srednje vrijednosti doza koje su izmjerene na leđima, prsima, štitnjači i desnom pazuhu veće su od doza izmjerenih na istim mjestima kod djece do 3 godine. To je razumljivo jer su uvjeti snimanja kod starije djece drugačiji, napon i jačina struje su veći. Porast izmjerenih kožnih doza na leđima između zadnje tri grupe neznatan je. To se može objasniti uzimajući u obzir da se izmjerena kožna doza na leđima sastoji od dvije vrijednosti, a to su primarna zračenja PA snimka i doprinos doze od profilne snimke. Doprinos doze od profilne snimke ne ovisi samo od uvjeta snimanja, nego i od veličine tijela pacijenta. Tijela služi kao apsorber primarnog zračenja. Kod pacijenata veće težine i visine apsorpcija zračenja je veća, zbog čega je doprinos doze kod profilne snimke manji, usprkos tome što su napon i jačina struje veći. Tako je porast doze na leđima u primarnom snopu kod PA snimke kompenziran smanjenjem doze zbog apsorpcije zračenja pri profilnoj projekciji. Efekt apsorpcije još je izraženiji kod mjerenja doza na prsima obzirom da dozimetri postavljeni na sternumu nisu u primarnom snopu ni pri jednoj projekciji. Situacija kod mjerenja doza u desnom pazuhu slična je kao kod mjerenja doza na leđima. Zbog blizine štitnjače primarnom snopu kod snimanja torakalnih organa, izmjerene kožne doze variraju na jednaki način kao i kožne doze izmjerene na leđima. Iznimku čini najstarija grupa pacijenata, gdje je kožna doza na štitnjači nešto niža (0.16 ± 0.11 mGy). To je uzrokovano većom udaljenošću štitne žlijezde od primarnog snopa, zbog visine pacijenta. Doze izmjerene na desnom oku i desnoj gonadi u svim dobnim skupinama su vrlo niske, vrijednosti su na granici moguće mjerljivosti pomoću upotrebljenih dozimetrijskih sistema.

Na osnovu faktora rizika[10], i izmjerene doze na pojedinim organima može se procijeniti broj oboljelih od karcinoma ili genetskog oštećenja u odnosu na broj rendgenski snjimljenih pacijenata (Tablica 2.).

Tablice 2. Podaci za procjenu rizika oštećenja zračenjem

Oštećenje **Organ**	**Karcinom** pluća	**Karcinom** štitnjača	**Genetska** gonade
Faktor rizika (Sv^{-1})*	$2*10^{-3}$	$5*10^{-4}$	10^{-2}
Kožne doze (mSv)	0.27	0.18	0.05
Broj**	1.851.852	11.111.111	2.000.000

*ICRP Publ. 26, 1977[13], **Broj pregledane djece pri dijagnostici torakalnih organa na koji dolazi jedan pacijent s oštećenjem

Potrebno je napomenuti da su u radu opisane kožne doze, a ne doze direktno na organima što precjenjuje opasnost od zračenja, ali snimanjem pacijenta više organa je izloženo zračenju, a rizici oštećenja se zbrajaju.

Istovremeno treba uzeti u obzir da su pacijenti, napose u dijagnostici torakalnih organa, više puta snimani, što znači da se doze akumuliraju, a rizik oštećenja time raste.

Iako izračunati rizici eventualnih oboljenja nisu alarmantni, neprestano treba poduzimati mjere da se doze zračenja svedu na najmanji mogući iznos. U svrhu prevencije od maligne bolesti štitne žljezde svakako bi trebalo, osobito u dječjoj dobi, omogućiti upotrebu olovne gume kao zaštitnog sredstva, a poznavajući rizike izlaganja dječje populacije rendgen snimanju, svakako bi trebalo upozoriti liječnike raznih specijalnosti, osobito pedijatre, na razuman oprez pri upućivanju djece na rendgenske preglede.

Skindoses Determined by TLD during Thorax X-ray Diagnostics of Children and Youth: The tissue equivalent TLD-700 and LiF detectors were chosen for the measurements of the children exposure during chest organ examination. The age of patients varied from new-borns up to 21. The average value obtained at all age groups on the back was 0.27 ± 0.08 mGy, on the sternum 0.18 ± 0.08 mGy, on thyroid gland 0.18 ± 0.04 mGy, respecitvely. The doses on the gonad and eye at all age groups have been found at the limit of measurability. Based on the dosimetry results, the malignant tumor and genetic damage risks for various chest organ examination are calculated.

LITERATURA

1. **Mettler F.A., Sinclair W.K.**: The 1986 and 1988 UNSCEAR Reports, Finding and Implications, Health Phys., **58**, 241-250, 1990

2. **Padovani R., Contento G., Fabretto M., Malisan M.R., Barbina V., Gozzi G.**: Patient Doses and Risks from Diagnostic Radiology in North - East Italy, Br. J. Radiol., **60**, 155-165, 1987

3. **Contento G., Maccia C., Malisan M.R., Padovani R., Shrimpton P.C., Wall B.F.**: A Comparison of Diagnostic Radiology Practice and Patient Exposure in Britain, France and Italy, Br. J. Radiol., **61**, 142-152, 1988

4. **Maccia C. Benedittini M., Lefaure C., Fagnani F.**: Doses to Patients from Diagnostic Radiology in France, Health Phys., **54**, 397-408, 1988

5. **Zheng Jun-Zheng**: Dose Levels of Medical Exposure from Diagnostic X-ray Procedures in Beijing, China, Health Phys., **56**, 957-958, 1989

6. **Huda W., Sourkes A.M.**: Radiation Doses from Chest X-rays in Manitoba (1979 and 1987), Radiat. Prot. Dosim., **28**, 303-308, 1989

7. **Ranogajec-Komor M., Vekić B., Čukman M., Dvornik I.**: Standardni test program s TL dozimetrima za mjerenje niskih doza, Zbornik radova XV jugoslavenskog simpozija za zaštitu od zračenja, Priština, 6-9. 6. 1989 str.323-326 (1989)

8. **Milković Đ.**: Izloženost djece rendgenskom zračenju u dijagnostici bolesti torakalnih organa, Magisterski rad, 1990

9. **Vekić B., Ranogajec-Komor M., Čukman M.**: Comparison of the Responses of Several TLDs to Various Radionuklides, Radiat. Prot. Dosim. **33**, 335-339(1990)

10. **International Commission on Radiological Protection**, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford-New York-Frankfurt, Publ. **26**, 1977

XVI Jugoslavenski simpozijum za zaštitu od zračenja,
Neum, 28.-31. 05. 1991.

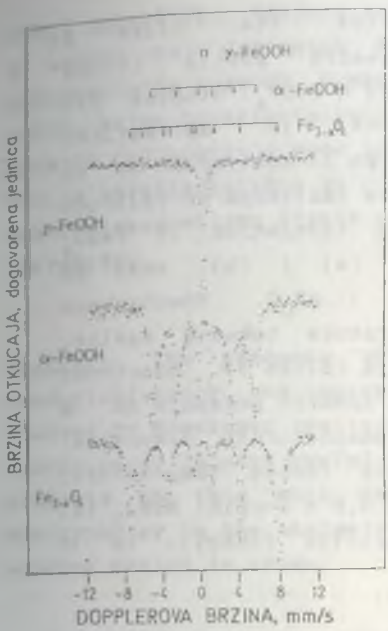
Musić S. i Gotić M.

PRIMJENA MÖSSBAUEROVE SPEKTROSKOPIJE U ANALIZI KOROZIJSKIH PRODUKATA ČELIKA

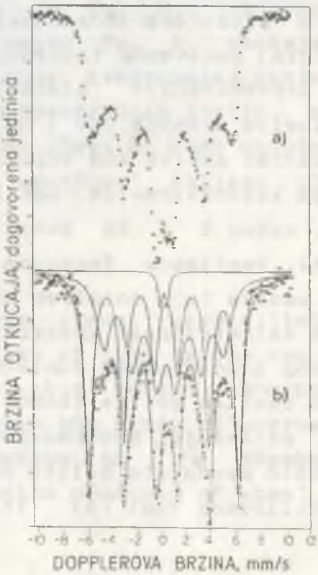
Kada se čelik, ili općenito metal, uroni u vodenu otopinu soli, kiseline ili lužine dolazi do procesa elektrokemijske korozije. Elektrokemijska korozija može se ilustrirati s dvije elektrodne reakcije, anodnom i katodnom. Reakcija na anodi po prirodi je uvijek oksidacijska, a posljedica te reakcije je razgradnja metala, odnosno prijelaz kationa metala u vodenu otopinu. Kationi otopljenog metala najčešće reagiraju na površini metala s vodom ili prisutnim anionima i stvaraju veoma slabo topljive spojeve, na primjer (hidro)okside, fosfate itd. Reakcija na katodi je uvijek redukcijska i u principu ne djeluje na površini metala, jer se većina metala ne može dalje reducirati od Me^{o}.

Fazna analiza korozijskog produkta čelika nastalog u vodenoj otopini soli, kiseline ili lužine predstavlja veliki problem, jer korozijski produkt može biti veoma složenog faznog sastava. Nestehiometrija, prisutnost amorfne faze i različita veličina čestica također otežavaju faznu analizu korozijskog produkta. Za faznu analizu korozijskog produkta mogu se koristiti različite instrumentalne metode, na primjer RTG, IR, Raman i Mössbauerova spektroskopija. U ovom radu prikazat će se primjena Mössbauerove spektroskopije (nuklearne gama-rezonancije) u faznoj analizi korozijskih produkata čelika (JUS č 0146). Općenito je poznato da se korozijski produkti čelika u vodenom mediju sastoje od različitih željeznih (hidro)oksida, ferita i kromita.

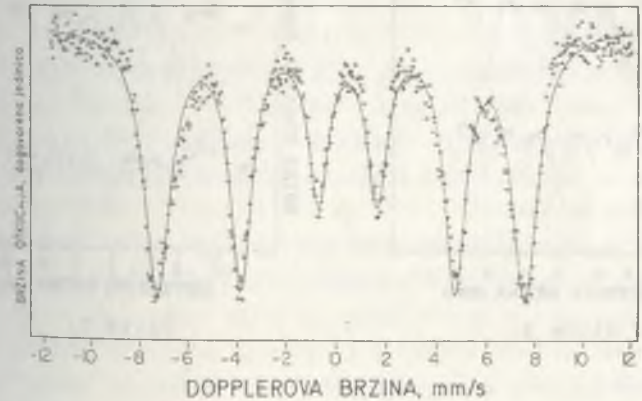
Slika 1 prikazuje Mössbauerove spektre lepidokrokita (γ-FeOOH), getita (α-FeOOH) i nestehiometrijskog magnetita ($Fe_{3-x}O$), koji su snimljeni na sobnoj temperaruri. Ovi spojevi tipični su sastojci korozijskih produkata čelika u vodenom mediju. Oblik Mössbauerovih spektara željeznih oksihidroksida i



Slika 1.



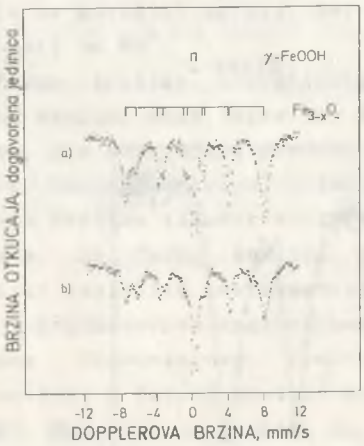
Slika 2.



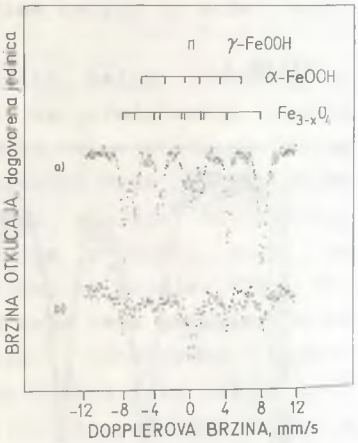
Slika 3.

oksida ovisi o različitim faktorima, kao što su stehiometrija,

stupanj kristalizacije, veličina čestica, itd. Slika 2 ilustrira složenost Mössbauerovog spektra getita (sobna temperatura) dobivenog taloženjem iz 0.01 M $FeSO_4$ otopine pri maloj koncentraciji kisika. Izvedena je matematička dekonvolucija spektra (b) i na osnovi toga je zaključeno da se radi o uzorku getita kod kojeg se čestice razlikuju po veličini i stupnju kristalizacije. Getit dobiven taloženjem iz $FeSO_4$ otopine, nakon 3 i 24 sata, spektri (a) i (b), može se prikazati kemijskom formulom α-FeOOH · nH_2O. Mössbauerov spektar uzorka (a), snimljen kod temperature tekućeg dušika, pokazuje asimetričnost spektralnih linija (Slika 3). Odsutnost centralnog kvadrupolnog dubleta u istom spektru pokazuje da je veličina čestica getita iznad superparamagnetičnih dimenzija. Slika 4 prikazuje Mössbauerove spektre (sobna temperatura) korozijskih produkata čelika nastalih u 0,5 M otopini $NaNO_3$ (a) i redestiliranoj vodi (b). Vrijeme korozije iznosilo je 14



Slika 4.



Slika 5.

dana. U tim uzorcima, pored γ-FeOOH, prisutan je $Fe_{3-x}O_4$ s tim da se stehiometrija uzorka (a) približava γ-Fe_2O_3. Slika 5 prikazuje Mössbauerove spektre (sobna temperatura) korozijskih produkata čelika nastalih u 0,011 M HNO_3, uzorak (a), i 2,04 M

HNO_3, uzorak (b). Vrijeme korozije iznosilo je također 14 dana. U uzorku (a) dominatna komponenta je $Fe_{3-x}O_4$, a druga komponenta je γ-FeOOH. U uzorku (b) pored $Fe_{3-x}O_4$ nastaje i getit, kojeg karakteriziraju male čestice. Kvadrupolni dublet u spektru (b) pokazuje veće razdvajanje spektralnih linija, nego što je karakteristično za γ-FeOOH i taj efekt se može pripisati superparamagnetizmu dijela čestica i "amorfnom" željezo (III) hidroksidu.

Abstract The presence of amorphous phase, crystallinity, nonstoichiometry, and superparamagnetism of iron oxides can be studied by Mössbauer spectroscopy. For this reason, Mössbauer spectroscopy is very useful technique in the study of corrosion products. In this work the application of ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy in the analysis of corrosion products of steel in aqueous medium is shown.

XVI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Neum, 28-31 maj 1991.

Milan Orlić[+], Dragan Vujasinović[+], Vojimir Lazarević[++], Dragica Paligorić[++]

[+]Vojnotehnički institut, Beograd, Katanićeva 15
[++]Institut "Boris Kidrič", Vinča

ALFA SONDA ZA MERENJE POVRŠINSKE KONTAMINACIJE SA POLUPROVODNIČKIM DETEKTOROM

ABSTRACT

U radu su date osnovne karakteristike alfa sonde namenjene za merenje površinske alfa kontaminacije. Sonda je bazirana na foto diodi kao senzoru i hibridnom sklopu za pojačanje i obradu korisnog signala. Prikazani su rezultati merenja pomoću ove sonde. Sonda se može koristiti kako u režimu brojanja, tako i za spektrometriju alfa zračenja. Dati su primeri dobijenih spektara.

UVOD

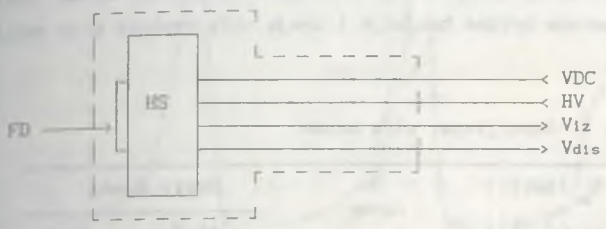
Kontaminacija različitih površina radne i životne sredine moguća je u više slučajeva: pri radu sa otvorenim izvorima, pri udesima na nuklearnim postrojenjima i kao posledica nuklearnih eksplozija. Posebno je opasna kontaminacija alfa radionuklidima s obzirom na mehanizam predaje energije alfa čestica okolnom materijalu.

Za merenje površinske alfa kontaminacije koristi se nekoliko tipova detektora: gasni, scintilacioni i poluprovodnički (PPD).[1] Svaki od ovih tipova senzora ima i prednosti i mane u odnosu na druge tipove. Od poluprovodničkih detektora najčešće se koriste PPD sa površinskom barijerom.[2] Njihova osnovna prednost je što mogu da se koriste i u spektrometrijske svrhe, a osnovni nedostatak relativno visoka cena. To je i bio jedan od razloga što se u ovom radu daje prikaz alfa sonde sa foto diodom kao zamenom za PPD sa površinskom barijerom.

U radu je dat prikaz alfa sonde sa foto diodom FD80N kao senzorom i prezentovani rezultati njenog ispitivanja.

OPIS ALFA SONDE

Blok šema realizovane alfa sonde prikazana je na slici 1. Kao sonda koristi se foto dioda FD80N (proizvodač IHTM-Beograd). Ona ima sledeće karakteristike bitne za primenu u alfa sondi: površina 80 mm^2, probojni napon je najmanje 100 V, struja mraka iznosi oko 300 nA, a vreme odziva je reda 10 ns.[1]



Slika 1. Blok šema alfa sonde

Ova foto dioda montirana je na hibridni sklop, specijalno urađen za ove svrhe, koji ima funkcije predpojačavača, pojačavača i diskriminatora. Predpojačavač je osetljiv na naelektrisanje. Konverziono pojačanje iznosi 22 mV/MeV apsorbovane energije u foto diodi. Vreme opadanja signala predpojačavača je oko 100 μs.

Dvostepeni pojačavač je formiran od dve sekcije operacionih pojačavača sa semigausovskim uobličavanjem i vremenskom konstantom od 1 μs. Ukupno pojačanje je oko 23. Ovaj signal pogodan je za primenu u spektrometriji alfa zračenja.

Diskriminator je konstruisan kao brzi milivoltni diskriminator sa unipolarnim pojačanjem. Kada je izlazni signal iz pojačavača veći od podesivog praga, na izlazu diskriminatora generiše se signal pogodan za brojanje alfa čestica registrovanih u foto diodi.

Za normalan rad alfa sonde spolja se dovodi napajanje za rad elektronike od 12 V i napajanje detektora. Ovo napajanje detektora može biti identično sa napajanjem elektronike što pojednostavljuje izradu sonde.

REZULTATI ISPITIVANJA

Ispitivanja su obavljena pri standardnim uslovima temperature, pritiska i vlažnosti. Radeno je sa dva napona napajanja detektora: 12 V i 75 V. Rastojanje između izvora alfa čestica i detektora iznosilo je 1-1.5 mm. Korišćeni su izvori alfa čestica: ^{241}Am, ^{239}Pu, ^{233}U i ^{244}Cm, kao i beta izvor ^{90}Sr-^{90}Y.

Merenje fona u toku 1000 s daje odbroj od 16 impulsa pri naponu na detektoru od 12 V, a 19 impulsa pri naponu od 75 V.

Ispitivanje stabilnosti rada u toku 8 časova neprekidnog rada sa 8 merenja od po 100 s pokazuje da su odstupanja u granicama prirodnih fluktuacija.

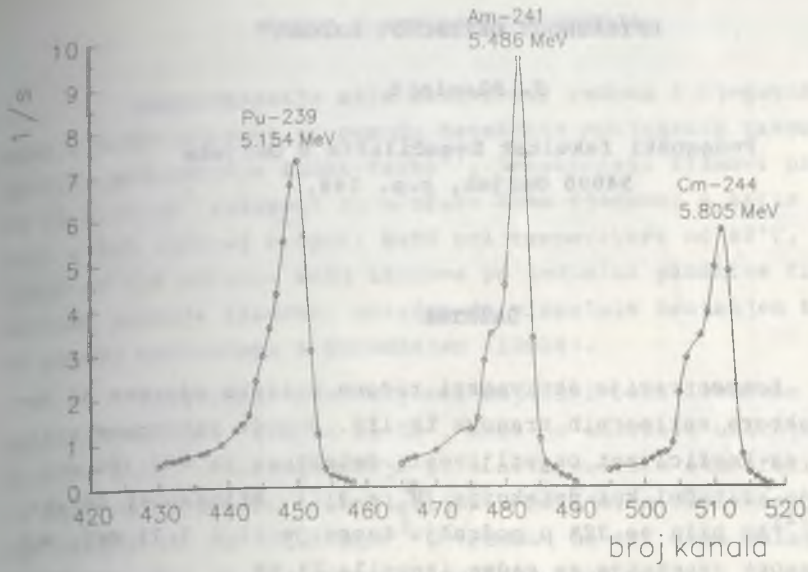
Pri nivou diskriminacije od 100 keV dobijene su osetljivosti alfa sonde kao u tabeli 1. Za tanke izvore na metalnoj podlozi čija je aktivna površina manja od površine detektora (80 mm^2) odziv je definisan kao odnos izmerene brzine brojanja i broja alfa čestica koje napuštaju površinu izvora u sekundi i 2π prostornom uglu. U slučaju da je površina alfa izvora veća od 80 mm^2 odziv se definiše kao odnos izmerene brzine brojanja i broja alfa čestica koje napuštaju

Tabela 1. Osetljivost alfa sonde

RADIONUKLID	E_α [keV] (prinos [%])	Izvor	Odziv sonde 12 V	Odziv sonde 75 V
^{241}Am	5485 (85.2) 5443 (13.1) 5544 (0.34)	Tanak, ø = 8 mm	0.60	0.64
^{239}Pu	5157 (75.3) 5144 (15.1) 5105 (11.5)	Tanak ø = 8 mm	0.60	0.64
^{239}Pu	5157 (73.3) 5144 (15.1) 5105 (11.5)	Tanak ø = 14 mm	0.49	0.55
^{239}Pu	5157 (73.3) 5144 (15.1) 5105 (11.5)	Debeo ø = 40 mm	1047	975

površinu izvora od 1 cm^2 u prostornom uglu 2π. Za debeo izvor odziv je definisan odnosom masene aktivnosti izvora u Bq/g i brzine brojanja izvora.

Odziv detektora na beta zračenja ^{90}Sr-^{90}Y (E_{max}: 0.5465 MeV (50%) i 2.274 MeV (50%)) iznosi 0.06 s^{-1}/Bq pri 12 V, a 0.07 s^{-1}/Bq pri napajanju od 75 V. Primeri snimljenih alfa spektara uz primenu standardnog višekanalnog analizatora dati su na slici 2. Sa slike se vidi da je sistem linearan u energetskom intervalu 4.8-5.8 MeV. Rezolucija za pik ^{241}Am iznosi 36 keV pri napajanju od 12 V.



Slika 2. Alfa spektri ^{239}Pu, ^{241}Am i ^{244}Cm pri napajanju od 12 V

ZAKLJUČAK

Izložen je opis alfa sonde sa fotodiodom kao detekcionim elementom i prikazani rezultati ispitivanja. Dobijeni rezultati pokazuju da se ovakva sonda može uspešno koristiti za prospekciju površina kontaminiranih alfa radioniklidima pre svega zbog dobre diskriminacije u odnosu na beta i gama zračenja. U spektrometrijskom pogledu ova sonda se ne razlikuje od sondi sa PPD sa površinskom barijerom.

SEMICONDUCTOR DETECTOR ALPHA PROBE FOR SURFACE CONTAMINATION MEASUREMENT

The alpha probe basic scharasteristcs for surface alpha contamination measurements are presented. As a detector the photo diode is used with hibride cirquits for preamplifier, amplifier and dicriminator. the measurement results are presented too. The probe could be used as in counting mode as well for alpha spectrometry. Some spectra examples are presented.

LITERATURA

1) H.Kiefer, R.Maushart, Radiation Protection Measurement, Pergamont Press, Oxford, 1972.

2) G.F.Knoll, Radiation Detection and Measurement, J.Wiley and Sons, New York, 1979.

3) IHTM-Beograd, Kataloški podaci

EFIKASNOST DETEKCIJE RADONA

J. Planinić

Pedagoški fakultet Sveučilišta u Osijeku
54000 Osijek, p.p. 144.

SAŽETAK

Koncentracija aktivnosti radona u zraku mjerena je pomoću detektora nuklearnih tragova LR-115. Pomoću baždarene vrijednosti za koeficijent osjetljivosti detektora (k = 0,346 cm) određen je kritični kut detekcije (ϑ_c = 31°). Efikasnost detekcije za ^{241}Am bila je 32% u području energije (1 ÷ 3,7) MeV, dok je efikasnost detekcije za radon iznosila 23,8%.

UVOD

Radon (^{222}Rn) sa svojim kratkoživućim potomcima predstavlja najznačajniji izvor zračenja u atmosferi i daje oko polovice efektivne ekvivalentne doze od svih prirodnih značenja. Plemeniti plin radon nastaje raspadom radija, koji se nalazi u tlu i građevinskom materijalu. Koncentracija aktivnosti radona u kući nekoliko puta je veća, u prosjeku, nego vani, u slobodnoj atmosferi, a što zavisi o ventilaciji.

Mjerenje Rn koncentracije u zraku (c) pomoću detektora nuklearnih tragova pretpostavlja srazmjer: $c = \frac{d}{k}$, gdje d označuje gustoću tragova alfa čestica na detektoru, dok k predstavlja koeficijent osjetljivosti detektora a njegovu vrijednost valja odrediti baždarenjem. Uz poznavanje karakterističnih parametara detektora, kao što je energijski prag i kritični kut detekcije, moguće je i teorijski procijeniti vrijednost koeficijenta k, a također dovesti ga i u vezu s efikasnošću detekcije (η).

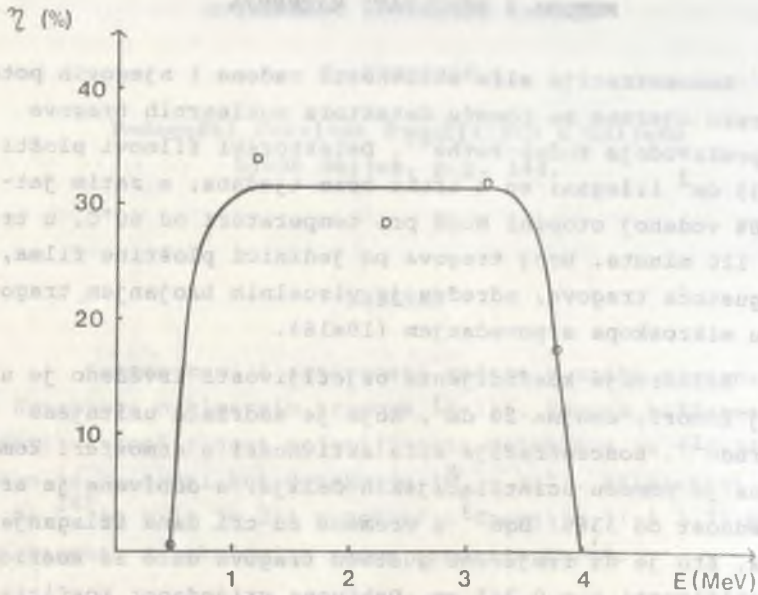
METODA I REZULTATI MJERENJA

Koncentracije alfa aktivnosti radona i njegovih potomaka u zraku mjerene su pomoću detektora nuklearnih tragova LR-115, proizvodnje Kodak-Pathé[1]. Detektorski filmovi ploštine (1,5x3) cm^2 izlagani su u zraku osam tjedana, a zatim jetkani u 10% vodenoj otopini NaOH pri temperaturi od 60°C, u trajanju od 120 minuta. Broj tragova po jedinici ploštine filma, odnosno gustoća tragova, određen je vizualnim brojanjem tragova pomoću mikroskopa s povećanjem (10x16).

Baždarenje koeficijenta osjetljivosti izvedeno je u radonskoj komori, obujma 20 dm^3, koja je sadržala usitnjenu uranovu rudu[2]. Koncentracija alfa aktivnosti u atmosferi komore mjerena je pomoću scintilacijskih ćelija, a dobivena je srednja vrijednost od 33601 Bqm^{-3} u vremenu od tri dana izlaganja detektora, što je uz izmjerenu gustoću tragova dalo za koeficijent osjetljivosti k = 0,346 cm. Dobivena vrijednost koeficijenta odnosi se na detektor s filtriranom posudom u koju iz zraka ulazi samo radon dok se njegovi potomci, koji su uglavnom u ionskom stanju, zaustavljaju na filtru.

Efikasnost detektora (η) određena je pomoću izvora ^{241}Am s alfa aktivnošću od 1717 Bq (Alpha Instrumentation Laboratory, CRPM, Fanay, France). Mjerenja gustoće tragova detektora LR-115 na udaljenostima 17; 23; 29; 37 i 43 (mm) od izvora americija u zraku dala su efikasnost detektora u zavisnosti o energiji upadnih čestica, kao što je prikazano na slici 1.

U području energija od 1 MeV do 3,7 MeV, mjerenja daju prosječnu efikasnost za alfa čestice americija, koje upadaju okomito na detektor, η = 32%.



Slika 1. Efikasnost detektora (η) u zavisnosti o energiji alfa čestica koje dolaze iz izvora ^{241}Am na udaljenosti u zraku od 17; 23; 29; 37; 43 (mm) s pripadnim vrijednostima energije od 3,8; 3,2; 2,3; 1,2; 0,5 (MeV).

Efikasnost detekcije radona (η_{Rn}) određena je na sljedeći način[3]:

$$\eta_{Rn} = \eta\, \eta_{\vartheta} \qquad (1)$$

gdje je kutna efikasnost (η_{ϑ}),

$$\eta_{\vartheta} = \cos^2 \vartheta_c \,, \qquad (2)$$

za kritični kut detekcije ϑ_c, koji je izračunat iz poznate relacije[4]:

$$k = \frac{R_U - R_L}{4} \cos^2 \vartheta_c \qquad (3)$$

Uzimajući za energijske pragove detekcije E_U = 1 MeV i E_L = 3,7 MeV, što je u skladu s područjem energije podjednake efikasnosti iz slike 1, dobivene su pripadne vrijednosti dometa alfa čestica u zraku, uz korištenje odgovarajuće jednadžbe za domet i energiju[4]:

R_U = 2,26 cm i R_L = 0,40 cm. Tako je pomoću jednadžbe (3) dobiven kritični kut detekcije ϑ_c = 31°, dok je prethodna relacija dala η_α = 0,744. Iz umnoška efikasnosti (1) konačno je dobivena efikasnost detekcije radona za detektor LR-115 u navedenim uvjetima jetkanja: η_{Rn} = 23,8%.

Posebno opravdanje i izvod jednadžbe (2) slijedi iz odnosa volumena aktivnosti radona (c) i pripadnog toka alfa čestica (c_s) na detektor[5]:

$$c_s = \frac{R_U - R_L}{4} c \qquad (4)$$

Mjerenja radona u kućama u tri različita dijela grada Osijeka, pomoću detektora LR-115, dala su prosječne koncentracije radona u 1990. godini od 10 Bqm^{-3} do 60 Bqm^{-3}.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF THE RADON DETECTION

The Rn activity concentrations in air were measured by the LR-115 nuclear track detector. Using the calibrated sensitivity coefficient of the detector (k = 0.346 cm), the critical detection angel was calculated (ϑ_c = 31°). The detector efficiency for ^{241}Am was near 32% for the energy region of (1 ÷ 3.7) Mev, but the Rn one was 23,8 %.

LITERATURA

1) Planinić, J. and Faj, Z. Equilibrium factor and dosimetry of Rn by a nuclear track detector. Health Phys. 59:349-351, 1990.

2) Šutej, T., Ilić, R. and Najžer, M. Response of track-etch dosimeters to envisonmental radon. Proc. 14th Int. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors, Lahore, 1988.

3) Kvasnicka, J. Theory of alpha activity measurement by nuclear track detectors, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 11:81-84, 1986.

4) Faj, Z. and Planinić, J. Dosimetry of radon and its danghters by two SSNT detectors, Radiat. Prot. Dosim. 36:52-56, 1991.

5) Lovett, D. Track etch detectors for alpha exposure estimation, Health Phys. 16:623-628, 1969.

OSVRT NA IZMENE I DOPUNE PREDLOGA ZAKONA O ZAŠTITI OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA I O NUKLEARNOJ SIGURNOSTI

Radmilović[x]V, Jovašević[xx]V. i Maksić[xx]R.

Predlogom zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o nuklearnoj sigurnosti, u odnosu na važeći Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije, uredjuju se:

- mere zaštite životne sredine od štetnog dejstva jonizujućih zračenja i mere nuklearne sigurnosti pri proizvodnji i korišćenju nuklearne energije i radioaktivnih materijala;

- izveštavanje nadležnih organa uprave i informisanje javnosti o rezultatima sistematskih ispitivanja sadržaja radionuklida u životnoj sredini;

- utvrdjivanje,proglašavanje i rano javljanje vanrednih dogadjaja ugrožavanja radioaktivnom kontaminacijom životne sredine teritorije SFRJ i medjunarodne zajednice;

- donošenje propisa za utvrdjivanje interventnih nivoa zračenja i mera zaštite stanovništva pri vanrednim dogadjajima radioaktivne opasnosti, kao i propise o uslovima za obuku osoba mladjih od 16 godina za rad sa izvorima jonizujućih zračenja;

- uslovi nabavke, stavljanja u promet,prevoza i korišćenja aparata i uredjaja koji proizvode jonizujuća zračenja;

- sprovodjenje regulativnih mera nuklearne sigurnosti;

- uslovi trajnog prestanka rada nuklearnog objekta.

Predlogom zakona zabranjuje se:

- prerada, privremeno skladištenje i trajno odlaganje na teritoriji SFRJ radioaktivnih otpadnih materija inostranog porekla;

- ugradnja radioaktivnih gromobrana na teritoriji SFRJ, a

- propisuje se obaveza i rok u kome se ima rešiti trajno odlaganje radioaktivnog otpada u SFRJ.

x/ Savezni sekretarijat za rad, zdravstvo,boračka pitanja i socijalnu politiku, Beograd

xx/ Savezni sekretarijat za energetiku i industriju,Beograd.

Saglasno savremenim iskustvima i koncepciji zaštite od jonizujućih zračenja i nuklearne sigurnosti,definišu se pojmovi koji se koriste u ovom zakonu, kao što su: radioaktivni i nuklearni materijali, radioaktivni otpadni materijali,nuklearna sigurnost, bezbedni pogonski uslovi nuklearnih objekata, regulativne mere nuklearne sigurnosti i radijacioni rizik.

Predlogom zakona:

- utvrdjuje se da je sprovodjenje mera zaštite od jonizujućih zračenja u vanrednim dogadjajima radioaktivne opasnosti i sprovodjenje regulativnih mera nuklearne sigurnosti,kojima se obezbedjuje ostvarenje uslova nuklearne sigurnosti od opšteg interesa za celu zemlju i medjunarodnu zajednicu;

- utvrdjuje se formiranje komisija za zaštitu od jonizujućih zračenja pri saveznom organu uprave nadležnom za poslove zdravstva, kao stručnog konsultativnog organa sa zadatkom ocenjivanja stanja i predlaganja mera zaštite od jonizujućih zračenja na nivou federacije;

- utvrdjuje se trajanje mandata komisije za nuklearnu sigurnost pri saveznom organu uprave nadležnom za poslove nuklearne energije;

- daju se ovlašćenja odgovarajućim saveznim organima uprave da donesu odredjene propise iz oblasti svoje nadležnosti, kojima se bliže odredjuju uslovi,metode,kriterijumi i način sprovodjenja odredaba ovog zakona;

- razradjuju se nadležnosti i odnosi izmedju saveznih i republičkih organa u nadzoru i sprovodjenju odredaba ovog zakona.

Predlogom zakona izvršeno je usaglašavanje:

- stručnih termina i definisanih pojmova;
- naziva pravnih subjekata u skladu sa Zakonom o preduzećima;
- obaveza federacije po ratifikovanim medjunarodnim ugovorima i obavezama o ranom javljanju i pružanju pomoći u slučaju nuklearnih nesreća;

- kaznenih odredbi u skladu sa Zakonom o izmenama zakona o privrednim prestupima i Zakonom o izmenama zakona o prekršajima kojima se povredjuju savezni propisi /"Službeni list SFRJ", br. 3/90/; i

- odredjen je rok u kome se moraju doneti novi i usaglasiti postojeći propisi kojima se bliže uredjuje materija ovog zakona, a u nadležnosti je saveznih organa uprave.

Spisak referenci:

1. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja i o posebnim merama sigurnosti pri korišćenju nuklearne energije "Sl.list SFRJ", br. 62/84;

2. Predlog zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o nuklearnoj sigurnosti, AC br. 1042/12 od februara 1991.

3. Zakon o ratifikaciji Konvencije o ranom obavešćivanju u slučaju nuklearnih udesa "Sl.list SFRJ", medjunarodni ugovori, br. 15/90.

4. Zakon o ratifikaciji Konvencije o pružanju pomoći u slučaju nuklearnih udesa "Sl.list SFRJ" - medjunarodni ugovori ratifikovani krajem 1990.god.

LOOK-IN CHANGES AND ADDITIONS AT PROPOSAL OF LOW FOR RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY

by

Vukašin Radmilović, Vladimir Jovašević and Radojko Maksić

Summary

Authors shortly pointed out the most important changes and additions at Proposal of low radiation protection and nuclear safety concerning the protection of public in nuclear accident and radiological emergency according ratified conventions of IAFA.

It was created a conditions for institution of Federal commission for radiation protection and also, made a corrections of financial amounts for violation of legal provisions.

FAKTOR NAGOMILAVANJA OLOVNE GUME ZA X ZRAČENJE DO 250 kV

Ristić Đ., Veličković D., Kovačević M., Pavlović R.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"

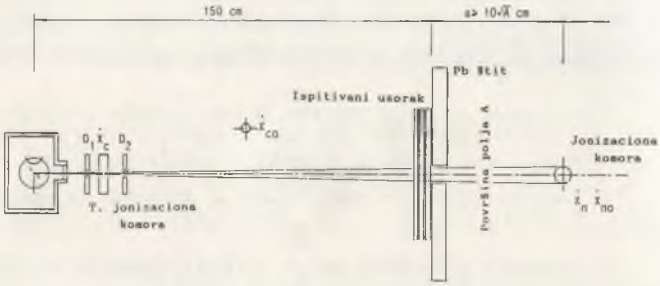
1. UVOD

U zaštiti od mekog X i niskoenergetskog gama zračenja, koje se koristi u medicini i industriji, olovna guma je najčešće korišćeni materijal za izradu zaštitnih sredstava. Jedan od bitnih parametara za proračun zaštitnih ekrana je faktor nagomilavanja. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja i odredjivanja faktora nagomilavanja za olovnu gumu domaće proizvodnje, gustine 2.7×10^3 kg/m^3 za X zračenje proizvedeno pri naponima do 250 kV.

2.GEMETRIJA, OPREMA I INSTRUMENTACIJA

Da bi se odredio faktor nagomilavanja odredjuje se slabljenje ekspozicione doze X-zračenja u zavisnosti od debljine ispitivane gume. Slabljenje se odredjuje za uski i široki snop X-zračenja. Snop se smatra uskim ukoliko ima presek, u ravni ispitivanja uzorka, koji nije veći od 10 cm x 10 cm. Pod širokim snopom podrazumevaju se takve dimenzije preseka snopa zračenja i uzorka materijala kod kojih bez obzira na dalje povećavanje dimenzija ekspoziciona doza ostaje konstantna, odnosno dostignut je režim "zasićenja".

U ovim ispitivanjima prečnik uzanog snopa bio je 6.3 cm a širokog 35 cm. Uobličavanje primarnog snopa vršeno je pomoću dodatnih dijafragmi.



Slika 1. Odredjivanje slabljenja u geometriji uskog snopa X-zračenja

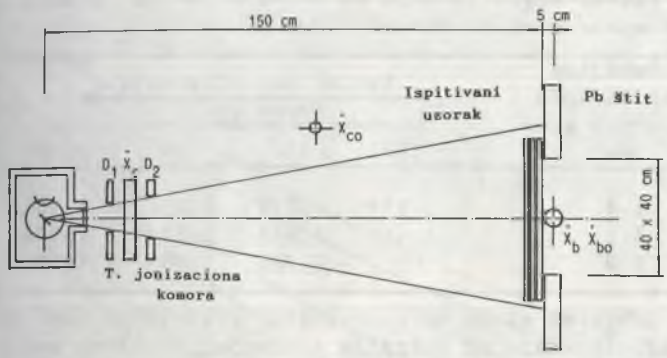
Kao izvor X-zračenja, korišćen je uredjaj MG-320 proizvodnje Philips, sa rendgenskom cevi MCN 321.

Pri merenju korišćena je dodatna filtracija od 4 mm Al, koja se uobičajeno koristi u praksi.

Sva merenja jačina ekspozicionih doza zračenja, vršena su komorom tipa: M 23331, sa mernim opsegom 8.6 x 10^{-3} C/kgs i mernom nesigurnošću ± 2 %, koje proizvodi Physickalisch - Technische Werkstaetten, Freuburg.

Način merenja i geometrija eksperimenta date su na slici 1 i 2.

Odredjivanje faktora nagomilavanja vršeno je za uzorke olovnih guma površine 40 cm x 40 cm i debljine: 1.4mm, 4.1 mm i 8.9 mm .



Slika 2. Odredjivanj slabljenja u geometriji širokog snopa X-zračenja

3.ODREDJIVANJE FAKTORA NAGOMILAVANJA

Faktor nagomilavanja odredjuje se iz odnosa

$$B = \frac{\dot{X}_{\check{s}}}{C\,\dot{X}_{\alpha}} \qquad (1)$$

gde je: $\dot{X}_{\check{s}}$ - jačina ekspozicione doze u oslabljenom širokom snopu X zračenja;

$\dot{X}_{u}$ - jačina ekspozicione doze u oslabljenom uskom snopu X-zračenja;

C - korekcioni faktor zbog razlike u rastojanima od izvora zračenja do merne tačke dat je formulom:

$$C = \left(\frac{150 + a}{155}\right)^2 \qquad (2)$$

gde je:a - rastojanje od ispitivanog uzorka do merne tačke u

centru uskog snopa. Parametar a je odredjen formulom:

$$a \leq 10 \sqrt{A}$$

A - površina snopa X-zračenja u ravni ispitivanog materijala.

4. REZULTATI

Krive slabljenja uskog i širokog snopa X-zračenja u olovnoj gumi za napone od 100 kV do 250 kV prikazane su na slici 3. Korišćenjem podataka iz ovih krivih slabljenja, pomoću jednačine 1 odredjene su vrednosti faktora nagomilavanja olovne gume za napone od 100 kV do 250 kV, koje su prikazani u tabeli 1. Dobijeni

Tabela 1. Faktor nagomilavanja za X-zračenja za olovnu gumu za napone cevi do 250 kV

Debljina ispitivanih olovnih guma (mm)	Faktor nagomilavanja			
	Napon (kV)			
	100	150	200	250
1.4	1.172	1.229	1.212	1.203
4.1	1.410	1.446	1.387	1.305
8.9	-	2.251	1.789	1.493

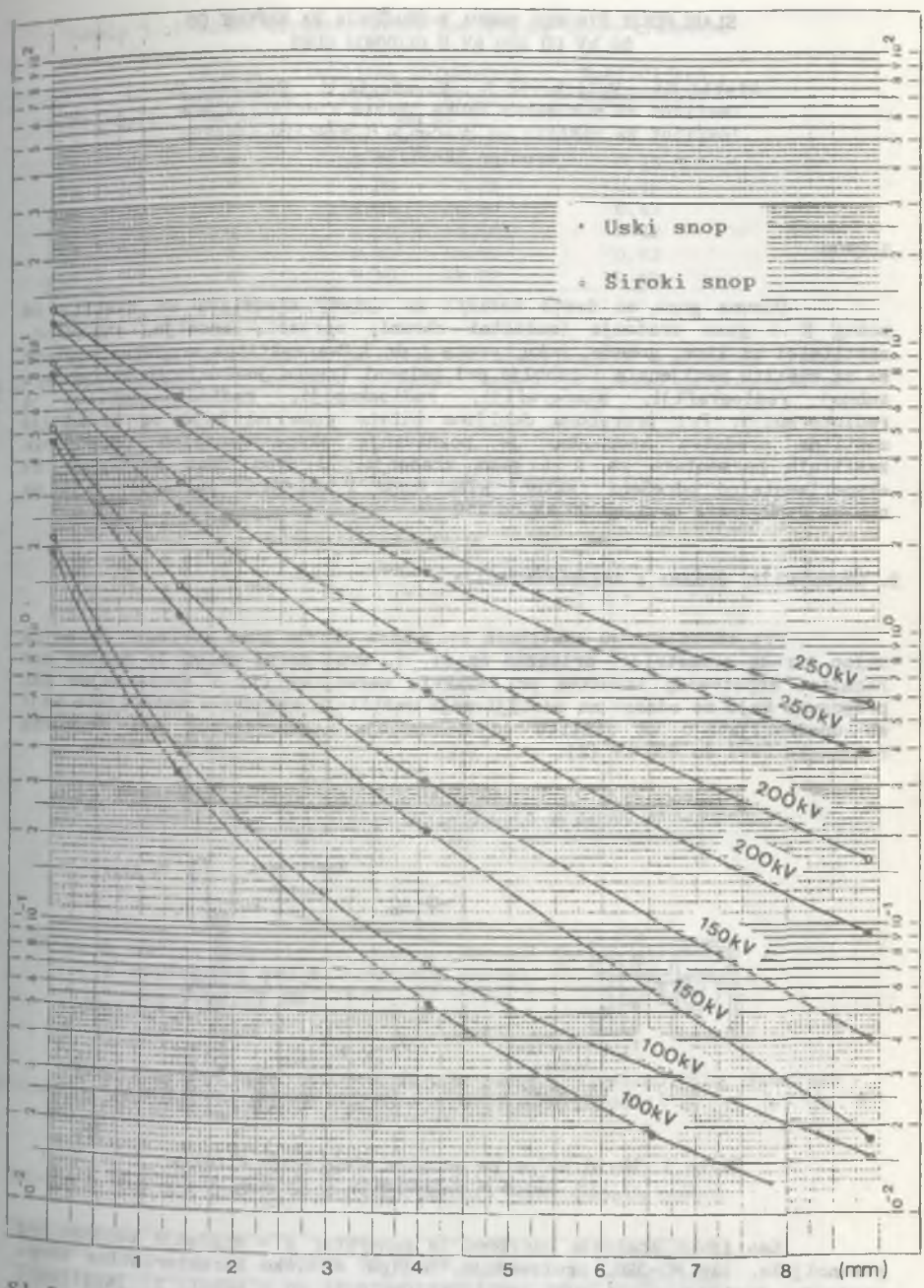
rezultati dobro se slažu sa teorijskim predvidjanjima zavisnosti faktora nagomilavanja od energije zračenja, debljine materijala i njegove gustine. Takodje je iz literaturnih podataka utvrdjeno slaganje sa vrednostima faktora nagomilavanja za druge materijale, koji su po zaštitnim osobinama slični ispitivanoj olovnoj gumi.

ABSRACT

Using a special experimental arrangement, developed in our laboratory, the build-up factors for leaded rubber for 100 kV to 250 kV X-rays were determined experimentally. A table of numerical values for build-up factors for different X-ray energies is given for leaded rubber of density 2.7 x 10^3 kg/m^3.

REFERENCE

1. Dj.Ristić, Doktorska teza, Univerzitet "Svetozar Marković", Kragujevac, Jun 1985.
2. Dj.Ristić, P.Marković, S.Vuković, "Broad beam attenuation in baryt concrete for 50 kV do 400 kV X-rays, XI Regional Congress of IRPA, Vienna, 20-24 Sept.1983.
3. Dj.Ristić, P.Marković, S.Vuković, Build-up factors for baryt concrete for X-rays generated at voltages up to 400 kV, Procedings of the XIVth Regional Congress of IRPA, Septembar 29 October 2, 1987, Kupari-Dubrovnik, Yugoslavia.
4. International Elektrotechnical Commision, Sub-Committe 62B, X-ray Equipment Operating up to 400 kV and Accessors, March 1981.



Sl.3. Slabljenje širokog i uskog snopa X-zračenja u olovnoj gumi

SLABLJENJE ŠIROKOG SNOPA X-ZRAČENJA ZA NAPONE OD 50 kV DO 250 kV U OLOVNOJ GUMI

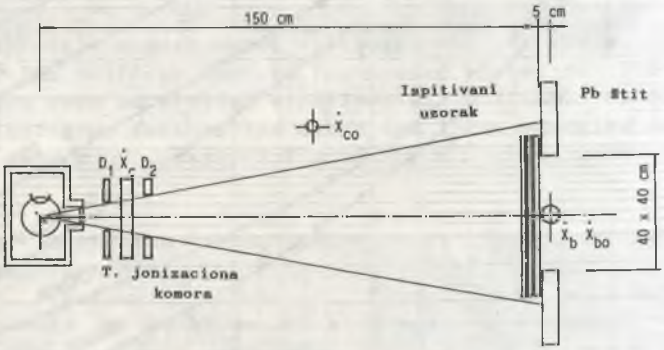
Ristić Dj., Veličković D., Kovačević M., Pavlović R.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", VINČA
Institut za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "ZAŠTITA"

1. UVOD

Olovna guma se često koristi za izradu sredstava za zaštitu od mekog X i gama zračenja (zaštitni ekrani, ogrtači, kecelje, rukavice, zaštitnici za lice, gonade, ruku, vrata i dr.) Ova zaštitna sredstva koriste se za zaštitu pacijenata i osoblja pri primeni izvora jonizujućih zračenja u zubnoj radiografiji, mamografiji, radioskopiji, radiodijagnostici i radioterapiji. Pri proračunu debljina olovne gume od koje se izradjuju zaštitna sredstva neophodno je poznavanje eksperimentalno odredjenih zaštitnih parametara za X i gama zraćenja. U ovom radu prikazani su eksperimentalno odrešeni faktori slabljenja i debljina poluapsorpcije za napone rendgenske cevi od 50 kV do 250 kV.

2. GEOMETRIJA, OPREMA I INSTRUMENTACIJA

Pri odredjivanju zaštitnih svojstava olovne gume korišćen je merni sklop široke geometrije, prikazan na sl. 1. Ovaj merni sklop je nastao kao rezultat sopstvenog iskustva pri ovakvim merenjima (1) i korišćenjem IEC preporuka koje se odnose na odredjivanje zaštitnih svojstava materijala koji se upotrebljavaju za zaštitu od X-zraćenja generisanog pri naponima rendenske cevi do 400 kV (2).



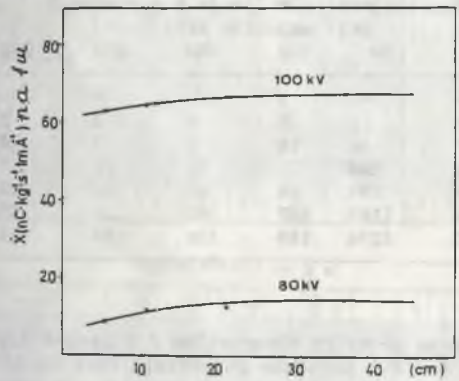
Slika 1. Merni sklop za merenje slabljenja širokog snopa X - zračenja

Kao izvor zračenja korišćen je generator X - zračenja konstantnog potencijala, tip MG-320, proizvodnje Philips. Fizičke karakteristike snopa zračenja, korišćenog pri ovim ispitivanjima date su u tabeli 1. Ispitivani uzorci od olovne gume, domaće proizvodnje, gustine 2,7 * 10^3 kgm^{-3}, bili su kvadratnog oblika, dimenzija 40 * 40 cm^2, različitih debljina u intervalu od 1.40 mm do 8.90 mm.

Tabela 1. Fizičke karakteristike korišćenog snopa zračenja.

U (kV)	I (mA)	Ukupna filtracija (mm Al)	Debljina poluapsorp. Prva (mm Al)	Druga (mm Al)	Koeficijent homogenosti
50	15	4	2.20	4.85	0.45
70	15	4	3.30	7.35	0.45
100	10	4	4.65	10.80	0.43
150	10	4	6.50	15.50	0.42
200	10	4	8.20	18.90	0.43
250	10	4	9.10	22.70	0.40

Merenja na osnovu kojih je odredjeno slabljenje X - zračenja vršena su u širokoj geometriji, odnosno u režimu "zasićenja", kako je pokazano na sl. 2.



Slika 2. Jačina ekspozicione doze u funkciji dužine stranice kvadratnog polja ozračenog uzorka od olovne gume debljine 4.1 mm.

Ekspoziciona doza X-zračenja je merena jonizacionim komorama proizvodnje PTW, čiji su opsezi i greška merenja dati u tabeli 2.

Tabela 2. Opseg i greška merenja korišćenih jonizacionih komora

Komora-tip	Opseg merenja	Merna nesigurnost
M23331 No 331	8.6 $\mu C\ kg^{-1} s^{-1}$ do 8.6 $\mu C\ kg^{-1} s^{-1}$	2 %
M23361 No 127	86 $nC\ kg^{-1} s^{-1}$ do 8.6 $\mu C\ kg^{-1} s^{-1}$	2 %
M2337 No 075	8.6 $nC\ kg^{-1} s^{-1}$ do 8.6 $\mu C\ kg^{-1} s^{-1}$	3 %

3. REZULTATI

Krive slabljenja širokog snopa X-zračenja, generisanog pri naponima 50 kV i 70 kV, u olovnoj gumi prikazane su na sl.3., a X - zračenja generisanog pri naponima 100 kV, 150 kV, 200 kV i 250 kV, na sl.4. U tabeli 3. prikazani su koeficijenti slabljenja za napone od 50 kV do 250 kV, za različite debljine ispitivanih uzoraka od olovne gume.

Prikazani rezultati eksperimentalno odredjenih koeficijenata slabljenja pokazuju da se ispitivana olovna guma domaće proizvodnje može koristiti za izradu sredstava namenjenih za zaštitu pri primeni X - zračenja generisanog pri naponima do oko 150 kV i radionuklida gama emitera energije do oko 150 keV.

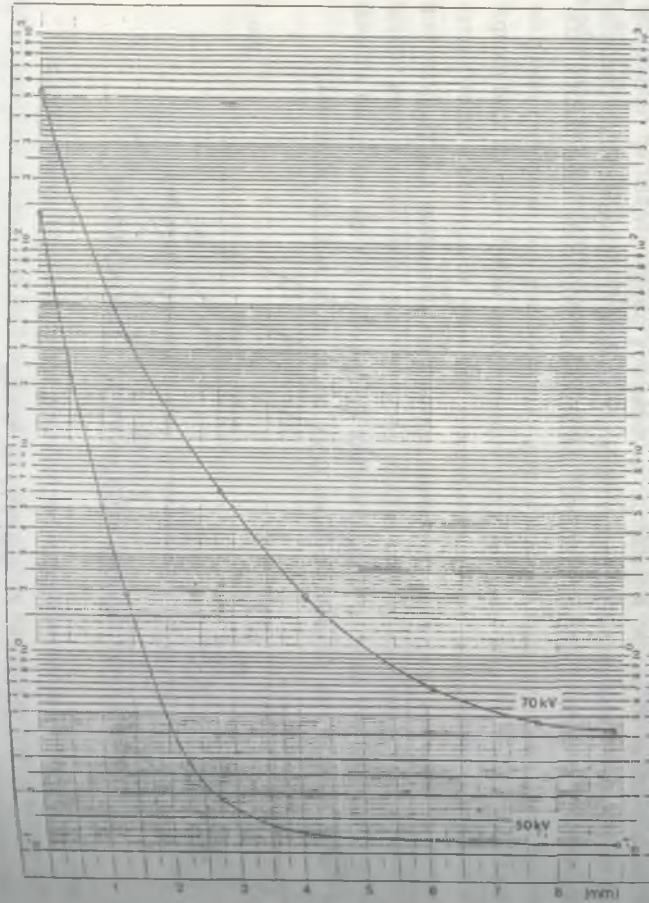
Tabela 3. Koeficijenti slabljenja širokog snopa X - zračenja za olovu gumu

Debljina gume (mm)	Koeficijenti slabljenja X - zračenja pri naponima (kV) 50	70	100	150	200	250
0	-	-	-	-	-	-
1.40	94	16	5	4	3	2
2.80	998	90	14	8	7	4
4.12	1498	284	31	17	10	7
6.03	1584	794	64	41	20	11
7.68	1594	1165	107	82	36	17
8.98	1523	1274	149	128	56	24

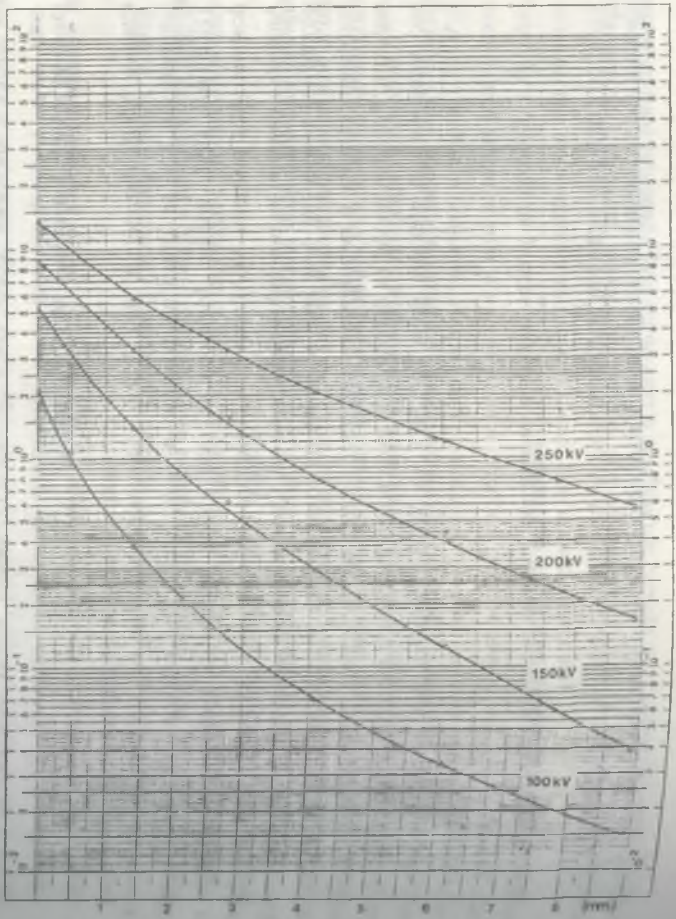
ABSTRACT - Using broad beam geometry attenuation for leaded rubber have been measured and determined for X - ray tube potentials from 50 kV to 250 kV. A special experimental arrangement and procedure, to meet the IEC recommendations for these measurements were used.

REFERENCE

1. Dj. Ristić, Doktorska disertacija, Univerzitet "Svetozar Marković", Kragujevac, Jun 1985.
2. International Electrotechnical Commission, Sub-committe 62B, X - ray Equipment Operating up to 400 kV and Accessors, March 1981.
3. E.D.Trut at al., Health Physics, Vol.2.,1979. pp.163-169.



Sl.3. Slabljenje širokog snopa X-zračenja u olovnoj gumi



Sl.4. Slabljenje širokog snopa X-zračenja u olovnoj gumi

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Neum, 28.-31.5.1991.

MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA MOS DOZIMETRIJE

Savić Z.
Vojnotehnički institut KoV, Kataničeva 15, 11000 Beograd

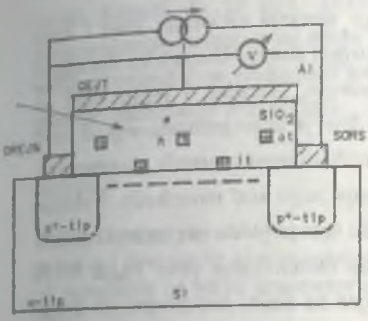
Uvod

Premda je od prve ideje da se MOS tranzistor iskoristi kao detektor jonizujućeg zračenja prošlo već više od 20 godina [1], njegova primena do skora nije privlačila značajniju pažnju, kako u svetu tako i kod nas. Rana uspešna primena ovih komponenti u svemirskoj dozimetriji [2,3] i dozimetriji silicijumskih integrisanih kola [4,5] verovatno je smatrana ekskluzivnom i egzotičnom. Zato nije iznenadjujuće da ova problematika nije izneta ni u jednom radu na dosadašnjim simpozijumima JDZZ [6]. Poslednjih godina [7,8]. povećana je osetljivost i stabilnost ovih komponenata i time su u velikoj meri otklonjene glavne prepreke široj primeni ovih specijalno projektovanih poluprovodničkih naprava u mnogobrojnim dozimetrijskim oblastima. Cilj ovog rada je da prezentira osnovne principe i konstrukciju MOS dozimetara, da naglasi njihove komparativne prednosti u odnosu na druge dozimetrijske metode, da ukaže na oblasti moguće primene kao i na ograničenja i teškoće koje treba da budu savladane za njihovu primenu u ličnoj dozimetriji.

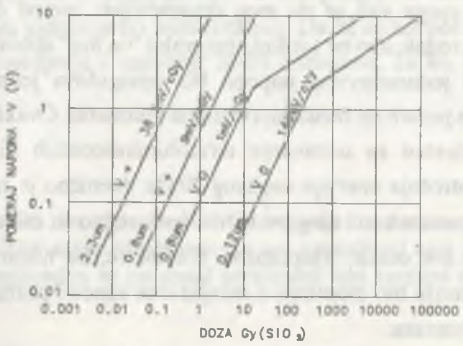
Osnovni princip i struktura MOS dozimetra

Osnovu MOS dozimetrije daje uticaj jonizujućeg zračenja na silicijumske elektronske komponente koji se drastično pokazao u famoznom kvaru telekomunikacionog satelita TELSTAR 1962. godine. Ideju da se ovaj efekat kod MOS komponenti iskoristi za dozimetrijsku primenu W.J.Porch i A.G.Holmes-Siedle su ineli 1970.god. i za nju dobili Američku nagradu za nov industrijski proizvod. Osnovni princip zasniva se na tzv. dozimetriji prostornog tovara [9], kod koje se prostorni tovar stvoren u izolatoru visoko-energetskim zračenjem zahvata u nepokretnim centrima i detektuje merenjem potencijala na površini izolatora. Pogodan metod za odredjivanje ovog potencijala pruža merenje provodnosti kanala kod tranzistora sa efektom polja tzv. FET, pa MOS dozimetru dobro odgovara akronim RADFET koji se u poslednje vreme često upotrebljava. Na bazi merenja potencijala nije teško oceniti dozu zračenja koja je akumulirana u izolatoru. Ovde se radi o merenju relativnog tipa, pošto je s obzirom na proces izgradnje prostornog tovara u izolatoru praktično nemoguće zahvatiti sva naelektrisanja stvorena u njemu pod uticajem zračenja.
Veliki broj izolatora može biti realizovan tako da zahvati naelektrisanja stvorena pod uticajem zračenja ako su podvrgnuti uticaju polja. Za ovo je potrebno da zahvatanje elektrona i šupljina

stvorenih u interakciji zračenja sa materijalom izolatora ne bude apsolutno balansirano, što se i dešava u SiO_2 dielektriku MOS tranzistora prikazanog na sl.1. Ovde se elektroni i šupljine stvoreni pod uticajem zračenja kreću pod dejstvom spoljašnjeg priključenog napona



Slika 1



Slika 2

ili untrašnjeg polja ako takvog napona nema. Zbog svoje veće pokretljivosti elektroni uspevaju da napuste oblast SiO_2 dok šupljine ostaju zahvaćene u trapovima (ot), stvarajući prostorni tovar. Pozitivni prostorni tovar kod p-kanalnih MOS tranzistora stvara se pod uticajem zračenja i na granici Si-SiO_2 gde dolazi do pojave novih interfejs stanja (it). Pozitivan prostorni tovar u oksidu i na interfejsu Si-SiO_2 dovodi do povećanja koncentracije elektrona u kanalu MOS tranzistora i do smanjene mogućnosti provodjenja struje izmedju drejna i sorsa. Ovo se manifestuje povećanjem tzv. napona praga V_T (npr. pri struji 10μA) i njegova promena ΔV_T predstavlja dozimetrijski parametar komponente.

Promena napona ΔV_T zavisi od veličine zahvaćenog prostornog tovara, a ovaj od debljine izolatora, broja trapova za šupljine i broja interfejs stanja, i priključenog napona u toku ozračivanja. Prva dva parametra mogu se tehnološki kontrolisati i predstavljaju osnovu procesiranja radijaciono osetljivih MOS tranzistora.

Opšte karakteristike pomeraja praga u funkciji akumulirane doze namenski pravljenih radijaciono osetljivih tranzistora prikazane su na sl.2. Na slici su naznačene primenjene debljine oksida gejta i primenjeni naponi pri ozračavanju takvih tranzistora. Vidi se da su karakteristike pri nižim dozama linearne, dok pri merenju viših doza dolazi do zasićenja i zavisnosti $D^{2/3}$. Na slici su takodje naznačene tipične vrednosti osetljivosti dozimetara izražene u mV/cGy(Si) ili μV/Gy(Si).

Dozimetrijske karakteristike MOS dozimetara

Navedeni princip i opis konstrukcije daje mogućnost ocene praktičnih dozimetrijskih karakteristika RADMOS i njihovo uporedjenje u odnosu na druge relativne metode merenja

doze kao što su termoluminiscentna, radijoluminiscentna, film ili hemijska dozimetrija. Mnoge praktične prednosti MOS dozimetrije u odnosu na klasične metode upravo proizilaze iz korišćenja poluprovodničkog supstrata u neposrednom kontaktu sa dozimetrijskim medijumom SiO_2.

Pre svega vidi se da ovaj dozimetrijski metod daje direktni električni izlaz i time predstavlja redak, ako ne i jedini, integralni "on line" dozimetrijski sistem. Ovaj električni signal je u formi jednosmernog napona što omogućava jednostavan, pouzdan i jeftin čitač sa objektivnim prikazom rezultata (digitalni voltmetar. Ovakav čitač je bitno jednostavniji od onih koji su potrebni za očitavanje termoluminiscentnih ili radijoluminiscentnnih dozimetara. Takodje potrošnja energije ovakvog čitača drastično je manja nego kod navedenih. Veličine MOS dozimetara kao i njegova težina izvanredno su male i u tom pogledu bar za red veličine prevazilaze sve ostale raspoložive dozimetre. Sa linearnim dimenzijama reda 10μm MOS dozimetar može biti montiran u minijaturne sonde i postavljen na mesta nedostupna za druge tipove dozimetara.

Ispitivanja MOS dozimetara su pokazala izvanredno mali feding od 10% u toku 8 godina [10] ili 1.25% godišnje što teško mogu dostići alternativni dozimetrijski sistemi. Ugaona karakteristika MOS dozimetara je dobra a energetska karakteristika za γ zračenje približno jednaka onoj za meko tkivo. Ispitivanja nisu pokazala zavisnost od brzine doze u širokom opsegu X zračenja od 10^8Gy/s do 10^{-2}Gy/s.

MOS dozimetri su osetljivi praktično na sve vrste elektromagnetnog i korpuskularnog zračenja. Tako je utvrdjena osetljivost, i to približno jednaka po Gy(Si), na γ i X zračenje, elektrone i protone. Preliminarna ispitivanja [11] pokazala su da su oni osetljivi i na neutronsko zračenje ali u nešto manjoj meri no kod γ zračenja. Na kraju treba istaći da MOS dozimetri imaju nedestruktivno očitavanje ali se mogu po želji obrisati zagrevanjem na temperaturu oko 300°C ili UV svetlom.

Moguće oblasti primene MOS dozimetrije

Pored već pomenute svemirske primene, gde je namena RADFET u monitoringu kraja života poluprovodničke opreme ili utvrdjivanju njenog oštećenja prouzrokovanog npr. nuklearnim udarom (vojna primena) i merenju doze pri ispitivanju integrisanih kola, ovi dozimetri počeli su nalaziti primenu u terapeutici kod minijaturnih fizioloških sondi (pri lečenju kancera). U nuklearnoj tehnici ove komponente su našle primenu pri odredjivanju profila radijacionih snopova, a stim u vezi, mogu biti korišćene kod kontrole kvaliteta, testiranja radijacione otpornosti, poluprovodničke fotolitografije, industrijskoj radijografiji, sterilizaciji i sl.

Najosetljiviji tipovi MOS dozimetara (vidi sl.2) svakako mogu naći primenu kao lični akcidentalni dozimetri [12] i kao lični vojni tzv. trupni dozimetri. Pri ovome moguće je spregnuti sa MOS dozimetrom PIN dozimetar [13,14] i time dobiti γ-neutronski dozimetar sa kompatibilnim čitačem. Za masovnu dozimetriju ovog tipa jedini razumni pristup jeste korišćenje MOS dozimetara bez napona napajanja. Pri takvim uslovima medjutim, osetljivost

postojećih dozimetara nije još uvek dovoljna za merenje relativno niskih doza reda cGy. Sa postojećim MOS strukturama minimalna doza merenja u ovom slučaju iznosi oko 0.2Gy. MOS strukture uopšte, pa i namenski MOS dozimetri, predstavljaju inherentno nestabilne komponente. Uzroci nestabilnosti leže u izmeni naelektrisanja u blizini Si-SiO_2 interfejsa i mogu iznositi do 10 mV. Takodje, MOS komponente su temperaturno zavisne i deo temperaturnih promena ne može biti jednostavno kompenziran. Da bi se navedeni problemi rešili neophodno je realizovati još osetljivije i stabilnije MOS dozimetre, za šta bez sumnje postoje tehnološke mogućnosti.

Abstract

General principle and structure of MOS dosimeter is given along with the rewiev of its recent acheived dosimetric characteristics. The areas of application are underlined and a discussion of possibility of MOS dosimeter application in personal accidental and tactical dosimetry is given.

Literatura

[1] W.J.Porch,A.G.Holmes-Siedle, RCA Engineer, 16(3), 1970, 56.
[2] L.Adams,A.Holmes-Siedle, IEEE Trans.Nucl.Sci., NS-25(6), 1978, 1607.
[3] L.S.August,R.R.Circle,J.C.Ritter,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-30(1),1983,508.
[4] W.R.Daves,J.R.Schwank,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-28(6),1981,4152.
[5] L.Posey et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-32(6),1985,4446
[6] Zbornici radova sa Jugoslovenskih simpozijuma za zaštitu od zračenja,VII-XV
[7] A.Holmes-Siedel,L.Adams,Radiat.Phys.Chem.,28(2),1986,235
[8] A.Holmes-Siedle et al.,7-th Annual ASTM-EUROATOM Symp.Reactor Dosimetry,Aogust 27-31,1990,Strasbour,France
[9] A.Holmes-Siedle,Nucl.Inst.Meth.,121,1974,169
[10] A.Holmes_siedle et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-32(6),1985,4425
[11] N.G.Blamires et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-33(6),1986,1310
[12] ANSI N13.3.1969(R1981),Dosimetry for Criticality Accidents,American National Standard Institute,Washington, DC,USA,1981
[13] G.E.Tumbrägel et al.,Nucl.Inst.Meth.,175,1980,141
[14] A.H.Kalma,W.H.Hardwich,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-25(6),1978,1483

postojećih dozimetara nije još uvek dovoljna za merenje relativno niskih doza reda cGy. Sa postojećim MOS strukturama minimalna doza merenja u ovom slučaju iznosi oko 0.2Gy. MOS strukture uopšte, pa i namenski MOS dozimetri, predstavljaju inherentno nestabilne komponente. Uzroci nestabilnosti leže u izmeni naelektrisanja u blizini Si-SiO_2 interfejsa i mogu iznositi do 10 mV. Takodje, MOS komponente su temperaturno zavisne i deo temperaturnih promena ne može biti jednostavno kompenziran. Da bi se navedeni problemi rešili neophodno je realizovati još osetljivije i stabilnije MOS dozimetre, za šta bez sumnje postoje tehnološke mogućnosti.

Abstract

General principle and structure of MOS dosimeter is given along with the rewiev of its recent acheived dosimetric characteristics. The areas of application are underlined and a discussion of possibility of MOS dosimeter application in personal accidental and tactical dosimetry is given.

Literatura

[1] W.J.Porch,A.G.Holmes-Siedle, RCA Engineer, 16(3), 1970, 56.
[2] L.Adams,A.Holmes-Siedle, IEEE Trans.Nucl.Sci., NS-25(6), 1978, 1607.
[3] L.S.August,R.R.Circle,J.C.Ritter,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-30(1),1983,508.
[4] W.R.Daves,J.R.Schwank,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-28(6),1981,4152.
[5] L.Posey et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-32(6),1985,4446
[6] Zbornici radova sa Jugoslovenskih simpozijuma za zaštitu od zračenja,VII-XV
[7] A.Holmes-Siedel,L.Adams,Radiat.Phys.Chem.,28(2),1986,235
[8] A.Holmes-Siedle et al.,7-th Annual ASTM-EUROATOM Symp.Reactor Dosimetry,Aogust 27-31,1990,Strasbour,France
[9] A.Holmes-Siedle,Nucl.Inst.Meth.,121,1974,169
[10] A.Holmes_siedle et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-32(6),1985,4425
[11] N.G.Blamires et al.,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-33(6),1986,1310
[12] ANSI N13.3.1969(R1981),Dosimetry for Criticality Accidents,American National Standard Institute,Washington, DC,USA,1981
[13] G.E.Tumbrägel et al.,Nucl.Inst.Meth.,175,1980,141
[14] A.H.Kalma,W.H.Hardwich,IEEE Trans.Nucl.Sci.,NS-25(6),1978,1483

VIDEOTERMINALI I NEKI PROBLEMI VEZANI ZA EMITOVANO ZRAČENJE

Simonović J. i S.Milićević
Institut za biofiziku Medicinskog fakulteta u Beogradu

Uvod

Videoterminali su postepeno ušli široko u javnu upotrebu za unošenje i obradu različitih vrsta podataka u čitavom svetu pa i u nas. Videoterminal predstavlja složeni sistem koji se uglavnom sastoji od elektronskog ulazno-izlaznog uredjaja za komunikaciju sa centralnim računarom, a koji poseduje monitor sa ekranom ili displejom, tastaturu i komunikacioni deo. Pored toga, ovaj sistem može da ima termički štampač (printer) i jedinicu interne memorije (diskete, kasete, magnetne trake i dr.). Pojava videoterminala i rad sa njima stvorio je nove probleme tehničkim i medicinskim stručnjacima. Osim ergonomskih i drugih problema (1) tokom rada videoterminala može da nastane zračenje vrlo širokog spektra.

Zračenje videoterminala i moguće propratne pojave

Videoterminal u pogonu može da emituje deo spektra jonizujućeg i skoro ceo spektar nejonizujućeg elektromagnetskog zračenja. Jonizujuće zračenje se javlja u obliku rendgenskog ili X-zračenja koje uglavnom emituje katodna cev videoterminala. Katodne cevi u crno-beloj tehnici najčešće rade pod naponom od (12-15) kV, dok one u boji (polihromatske) rade pod naponom od oko 25 kV, kada može da nastane rendgensko zračenje. Pored katodne cevi i prateća visokonaponska elektronika videoterminala može da emituje ovu vrstu zračenja niskih energija, odnosno velikih talasnih dužina predstavljajući "meko" X zračenje za koje je karakteristično kratak domet, tj. slaba prodornost i koje se uglavnom apsorbuje na staklu ekrana monitora (2).

Za sada ne postoje normativi za dozvoljeni nivo rendgenskog zračenja terminala sa katodne cevi, ali se mogu smatrati prihvatljivim normativi za zračenje sa TV ekrana. Maksimalno dozvoljeni novo ovog zračenja za većinu zemalja u svetu iznosi za televizore 129 nC/kg h, na rastojanju 5 cm od bilo koje spoljne površine aparata. Grupa autora Svetske zdravstvene organizacije stoji na stanovišu, na osnovu velikog broja studija o izvršenim merenjima na monitorima sa ekranima, da se vrednosti jačine ekspozicione doze X zračenja kreću u domenu od 26 nC/kg h do oko 2,6 nC/kg h,

pri čemu minimalne vrednosti kod pojedinih monitora mogu da budu niže od vrednsoti prorodnog fona. Prema tome, ovo zračenje ne predstavlja rizik po zdravlje operatera, pa čak i za trudnice. Utvrdjeno je da se stanenjem uredjaja ne povećava jačina doze ovog zračenja (3). Na osnovu toga može se zaključiti da pri radu sa videoterminalima operateri ne treba da koriste nikakva dodatna zaštitna sredstva(specijalne kecelje, zaštitne ekrane i sl.).

Videoterminali mogu emitovati sve vrste nejonizujućeg zračenja: ultravioletno (UV) ili ultraljubičasto, vidljivo (VZ), infracrveno (IC), mikrotalasno (MT), radiotalasno (RT) i elektromagnetsko zračenje ekstremno niskih frekvencija (ELF).

Merenje ultravioletnog zračenja sa talasnim dužinama od (2oo-4oo)nm sa ekrana raznih tipova monitora na rastojanju 0,5 m od ekrana vršili su Weiss i Peterson. Za talasne dužine od (4oo-35o) nm dobijene vrednosti za intenzitet ovog zračenja su bile u domenu (0,2 - 12,9) mW/ m^2, a za talasne dužine manje od 35o nm, koje zračenje ima veći biološki značaj, vrednost je bila manja od 0,1 mW/m^2. Sve ove vrednosti su daleko ispod maksimalno dozvoljenih nivoa koje preporučuje IRPA i koji iznosi 1o W/ m^2 (4).

Vidljivo zračenje ili vidljivu svetlost talasnih dužina (4oo- - 78o)nm merio je Weiss i saradnici. Dobijene su veoma male vrednosti intenzita zračenja. Jačina vidljive svetlosti ekrana je inače veoma važna za dobro prepoznavanje znakova na ekranu, odnosno za dobijanje kontrasta podloge. Pored sive, podloga može biti i druge boje (zelena, plava, ljubičasta i dr.) (5). To je veoma važna činjenica u prilagodjavanju boje znakova i podloge prema individualnim zahtevima operatera. Ove izmene su moguće ako konstruktivno rešenje monitora to dozvoljava.

Infracrveno zračenje sa talasnim dužinama od (78o - $1o^6$)nm emituju svi tehnički elektronski uredjaji, pa i sam čovek. Merenjem na ekranima monitora terminala ono se nije moglo detektovati (6). Medjutim, postoji mogućnost da infracrveno zračenje može nastati i od drugih izvora u radnoj prostoriji. Osim toga, treba imati u vidu da videoterminali imaju snagu od 1oo-4oo W, pa i oni samo mogu da zagreju radnu prostoriju. U tom slučaju, pri radu u uslovima povišene temperature, može da dodje do poremećaja niza biohemijskih reakcija kao i funkcija raznih organa. Zbog toga je neophodno da ventilacija prostorije, odnosno radnog mesta bude odgovarajuća i da obezbedjuje optimalne mikroklimatske uslove.

Mikrotalasno zračenje, talasnih dužina od 1 mm do 1 m, kao i radiotalasno, talasnih dužina od 1 m do 10 km može se takodje javiti pri radu videoterminala. Neki autori su merili jačinu električnog polja u frekventnom području od 10 kHz do 18 GHz (područje od dugih radiotalasa do centimetarskih mikrotalasa) i dobili vrednosti reda veličine od 10^{-3} do 10^{-2} V/m. Stuchy i sar. su za radifrekventno područje od 10 kHz do 220 MHz (dugi, srednji i kratki radiotalasi) dobili vrednosti od 1 do 5 V/m. U blizini transformatora i drugih izvora napona, na rastojanju 0,3 m od monitora mogu se naći nešto jača lokalizovana polja zračenja, tako da se vrednosti električnog polja kreću do 50 V/m a magnetnog do 1,1 A/m (7). Sumirajući veći broj radova iz ove problematike grupa eksperata SZO (WHO) navodi da na rastojanju 0,3 m od ekrana radiotalasno zračenje, od 10 kHz do 10 MHz može imati vrednosti jačine električnog i magnetnog polja (2,4-15) V/m i (0,04 - 0,17)A/m, respektivno. To znači da su navedene vrednosti na mestu operatera manje od najstrožijih standarda, (15-20)V/m i (5-10)A/m. Utvrdjeni nivoi zračenja su manji i od nivoa zračenja koje preporučuje IRPA. Na osnovu ovih podataka može se smatrati da praktično mikrotalasi i radiotalasi ne predstavljaju neki rizik po zdravlje operatera na videoterminalima.

Elektromagnetsko zračenje ekstremno niskih frekvencija (50-60 Hz) na videoterminalima mereno od izvesnih autora tako da se vrednosti jačine električnog polja kreću do 10 V/m a magnetnog u zavisnosti od rastojanja od ekrana, od 0,05 A/m do 0,35 A/m. Nešto veće vrednosti utvrdjene su u blizini bočne strane i zadnjeg dela nekih uredjaja, kao napr. 4 A/m (8). Shodno ovim istraživanjima može se zaključiti da i ekstremno niskofrekventno zračenje sa videoterminala ne predstavlja neki rizik za nastanak štetnih efekata.

Kao zaključak se može konstatovati da su vrednosti nivoa elektromagnetskog zračenja koje emituju videoterminali u pogonu znazno manje od maksimalno dozvoljenih nivoa i da takvo zračenje ne predstavlja zdravstveni problem za lica koja rade na videoterminalima. Glavni problemi se javljaju pri ostvarenju ergonomskih i drugih rešenja (1).

Bibliografija

1. S.Milićević, M. Hrnjak i J.Simonović:Neki ergonomski i medicinski problemi pri radu sa videoterminalima". Pozadina,6, 56-73, 1988.
2. US Bureau of Radiological Health:An evaluation of radiation emission from video display terminals. Publication FDA 81--8153, 1-28,1981.
3. Hirwing C.R,H.J. Aitken: Cathode-ray Tube X-ray Emission Standards for Video Display Terminals, Health Phys. 43:5, 772-781, 1982.
4. IRPA / INIRC: Guideliens on limites of exosure to ultraviolet radiation of wavelength between 18o nm and 4oo nm (incoherent optical radiation), Health Phys. 49:2, 331-34o, 1985.
5. Weiss M.M.:The Video Display Terminals - is There a Radiation Hazard, J.Occup. Med. 25:2, 98-1oo, 1983.
6. Sliney H.D.: Biohazard of Ultraviolet, Visible and Infrared Radiation, J.Occup.Med, 25:3, 203-206, 1983.
7. Savin M., N.Lazarenko: Elektromagnetnie izlučenija i ih gigieničeskaja ocenka, Mehanizmi biologičeskoga elektromegnetnih izlučenii, 167-168, tezisi doklhdov, Pučind, 1987.
8. Stuchly M. A. et al.: Extremly low frequency elektromagnetic emission from video display terminals and other devices. Health Phys. 45:3, 713-722,1983.

Abstract

VIDEO DISPLAY TERMINALS AND SOME PROBLEMS CONNECTED WITH THEIR EMITED RADIATIONS

Simonović J. and S. Milićević

Institute of Biophysics, Medical Faculty, Belgrade

Different sorts of radiations which appear during the video display terminal function are presented as well as possible accompaning accurrences. Obtained results of different authors suggest that determined dose-values of all these radiations do not give any considerable risk for operators on video display terminals.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Neum, 28.05. - 31.05.1991. godine

M.Sirbubalo
Zavod za zdravstvenu zaštitu Bosne i Hercegovine
Sarajevo

PROFESIONALNA IZLOŽENOST ZRAČENJU RADNIKA U INDUSTRIJSKOJ RADIOGRAFIJI U SR BOSNI I HERCEGOVINI U PERIODU OD 1975. DO 1990. GODINE

1. Rezime

U radu su prikazani rezultati mjerenja doza filmdozimetrijskom kontrolom, koju su primili profesionalci u industrijskoj radiografiji u periodu od 1975. do 1990. godine na području SR Bosne i Hercegovine.

Dobijeni rezultati su pokazali da su registrovane vrijednosti doza u prvom intervalu od 1975. do 1980. godine znatno veće od onih koje su registrovane u posljednjem intervalu od 1986. do 1990. godine.

2. Uvod

U SR Bosni i Hercegovini se filmdozimetrijska kontrola lica profesionalno izložena jonizirajućem zračenju vrši neprekidno još od 1960.(1) godine. Za kontrolu kvaliteta materijala bez razaranja, koriste se u industrijskoj radiografiji industrijski rendgen aparati i defektoskopi. Obzirom na potrebe i vrste snimanja, koriste se vrlo jaki izvori X i gama zračenja. Kod industrijskih rendgen aparata maksimalna vrijednost napona je do 400 kV i jačine struje do 20 mA, a kod defektoskopa koristi se uglavnom iridijum Ir-192, aktivnosti do 3.7 TBq (100 Ci). Zavisno od uslova snimanja, doze koje primaju profesionalci mogu biti visoke. Mogućnost ozračivanja je najveća kad se snimanje vrši u terenskim uslovima.

3. Materijali i metode

Potrebni podaci su dobijeni iz arhive Laboratorije za film-dozimetriju Službe za zaštitu od zračenja Zavoda. Korišteni filmovi su "KODAK" Personal Monitoring Film tip 2, koji imaju dvije emulzije. Za procjenu doza, u obzir su uzeti smao oni radnici koji su vraćali filmove

na obradu u laboratoriju deset mjeseci godišnje. To su radnici koji su u radu označeni kao eksponirani radnici. Dalje, podaci su uzeti za radnike iz šesnaest preduzeća iz Bosne i Hercegovine, koja se bave djelatnošću industrijske radiografije i za njih je procijenjena ukupna godišnja doza po zaposlenom i po eksponiranom radniku.

4. Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati su predstavljeni u dvije tabele.

U tabeli broj 1. po kolonama dati su sljedeći parametri: godina nošenja i obrade filmova, ukupan broj zaposlenih radnika, ukupan broj eksponiranih radnika, ukupna godišnja doza svih zaposlenih radnika, godišnja doza po zaposlenom radniku i godišnja doza po eksponiranom radniku. Iz ove tabele je vidljivo da se broj radnika nije značajno mijenjao (od 102 do 134) da su radnici bili prilično ažurni u vraćanju eksponiranih filmova na obradu, kao i to da se registrovana doza zračenja iz godine u godinu stalno smanjivala. Najveća registrovana doza po eksponiranom radniku registrovana je 1977. godine (9.6 mSv), a najmanja 1988. i 1990. godine (0.9 mSv). Ovakvi rezultati su prilično jasni, jer su se u gotovo svim preduzećima izgradile propisne laboratorije za industrijsku radiografiju i time se uslovi rada znatno poboljšali sa aspekta zaštite od zračenja.

U tabeli broj 2. dat je broj radnika čije su se registrovane doze zračenja kretale u intervalima od po 5 mSv, dakle od 5 mSv pa naviše.

Iz tabele je vidljivo da se broj radnika koji je primao veće doze stalno smanjivao. Nekoliko slučajeva registrovanih visokim doza posljednjih godina je moguće pripisati akcidentalnim situacijama.

5. Zaključak

Na osnovu dobijenih podataka, uzimajući u obzir nesigurnosti filmdozimetrije, može se zaključiti da u prvim godinama registrovane doze su bile daleko veće nego u posljednjim godinama obrađenog vremenskog intervala. To se po našem mišljenju može objasniti sljedećim razlozima:

1. Preovladuje rad u laboratorijskim uslovima
2. Radnici su sve educiraniji za rad sa izvorima zračenja
3. Oprema je sve savremenija
4. Mnogo je manje investicionih radova, što podrazumijeva manji broj radnih sati u zoni zračenja.

6. Literatura

1. Ruždić M., 1983, Primljene doze zračenja radnika profesionalno izloženih zračenju u BiH od 1961 do 1981.godine. Medicinski arhiv, Vol. 37, br. 5-6, str. 45-49

7. Abstract: The proffesional workers exposure to radiation in industrial radiography in Socialist Republic of Bosnia and Herzegovina in the period of 1975 to 1990

The purpose of this work is to display the dose distribution to which the workers in industrial radiography were exposed in the period of their work from 1975 to 1990 in SR BiH. According to the gathered data, and having in mind the film-dosimetry, one can conclude that the doses registred in the first years were by far greater than those of the last years of the treated time interval.

In our view it can be explained by the following reasons:

1. The laboratory conditions are prevailing

2. The workers are getting better educated for the work with radi ation sources

3. The equipment is getting more sophisticated

4. There is by far less investment works, due to which the working hours in the radiation zone are reduced.

TABELA BROJ 1.: Raspodjela doza radnika po godinama obrade film-dozimetara

Godina obrade film-dozimetara	Zaposleni radnici	Eksponirani radnici	Ukupna godišnja doza (mSv)	Godišnja doza po zaposlenom radniku (mSv)	Godišnja doza po eksponiranom radniku (mSv)
1975	108	98	372	3.3	3.8
1976	107	104	886	8.3	8.5
1977	123	117	1127	9.2	9.6
1978	131	119	551	4.2	4.6
1979	125	117	411	3.3	3.5
1980	128	121	567	4.4	4.6
1981	130	111	387	2.9	3.5
1982	134	131	577	4.3	4.7
1983	125	113	273	2.2	2.4
1984	116	112	174	1.5	1.5
1985	128	119	147	1.1	1.2
1986	116	110	236	2.1	2.2
1987	109	106	124	1.1	1.1
1988	123	116	95	0.8	0.9
1989	121	114	122	1.2	1.2
1990	116	114	102	0.9	0.9

TABELA BROJ 2.: Raspodjela eksponiranih radnika po registrovanim doz
i godinama obrade film-dozimetara

Godine \ Doza	5-10 (mSv)	10-15 (mSv)	15-20 (mSv)	20-25 (mSv)	25-30 (mSv)	30-35 (mSv)	35-40 (mSv)	40-45 (mSv)	45-50 (mSv)	> 50 (mSv)
1975	6	10	2	-	2	2	-	2	-	4
1976	6	5	8	2	4	3	2	1	-	3
1977	12	8	1	7	4	3	2	1	1	6
1978	16	4	5	5	-	1	1	-	-	-
1979	8	2	2	3	4	-	-	1	1	-
1980	23	2	2	3	9	1	-	-	-	-
1981	13	4	6	2	1	1	1	1	-	-
1982	11	2	3	5	1	-	1	1	1	1
1983	6	2	2	2	-	1	1	-	-	-
1984	4	2	3	1	-	-	-	-	-	-
1985	6	1	-	1	-	1	1	-	-	-
1986	2	4	3	1	-	-	1	-	-	-
1987	3	1	1	-	-	-	-	-	-	1
1988	7	-	1	-	-	-	-	-	-	-
1989	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-

ODREĐIVANJE APSORPCIONIH DOZA U CENTRALNIM VAZDUŠNIM ŠUPLJINAMA BRZIH POLJA NA REAKTORU RB

Marina Šokčić-Kostić, Milan Pešić, Dragoljub Antić
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

SADRŽAJ:

Dat je prikaz ostvarenih polja brzih neutrona na reaktoru RB. U ovim poljima su izvršena merenja raspodele intermedijarnog i brzog neutronskog spektra. Apsorpcione neutronske doze su određene na osnovu ovih eksperimentalnih rezultata. Dobijene doze su međusobno upoređene (reaktor RB, gorivni eksperimentalni kanal, spregnuti brzo-termički sistem, intermedijarni i brzi spektri, apsorpcione doze).

1. UVOD

U toku višegodišnjeg rada na osavremenjavanju reaktora RB i proširenju njegovih mogućnosti korišćenja u naučnoistraživačke svrhe, došlo se do sistema tehničkih rešenja koji obezbeđuju polja brzih neutrona pogodnih karakteristika za neke vidove eksperimenata. Gorivni eksperimentalni kanal i dve konfiguracije spregnutog brzo-termičkog sistema su smešteni unutar aktivne zone reaktora, pri čemu je iskorišćeno postojeće gorivo reaktora RB i kontrola i upravljanje sistemom se obezbeđuje pomoću postojećeg sistema za upravljanje i sigurnosnog sistema reaktora RB ,/1/.

2. REAKTOR RB

Reaktor RB je termički nereflektovani teškovodni sistem nulte snage, prvobitno projektovan za rad sa gorivom od prirodnog uranijuma. U kasnijim fazama modifikacije i usavršavanja reaktora, reaktor je snabdeven i obogaćenim gorivom sa 2% i 80% obogaćenim uranijumom. Takođe je sistem za kontrolu i upravljanje i sigurnosni sistem znatno usavršen nabavkom nove i savremene opreme, tako da se danas raspolaže savremeno opremljenom nuklearnom mašinom sa nizom mogućnosti za korišćenje u naučnoistraživačkom radu. Polja brzih neutrona su realizovana iz nekoliko razloga. Jedan od osnovnih razloga je potreba da se obezbedi mogućnost za sticanje znanja u oblasti eksperimentalne fizike brzih neutrona, za šta nisu dovoljne mogućnosti termičkih reaktora. Drugi bitan razlog je činjenica da je zbog nekih potreba reaktor projektovan kao nereflektovani reaktorski sistem, zbog čega je njegova radna snaga ograničena uslovima radiološke zaštite osoblja i okoline. Sa tako ograničenom snagom su ograničene i mogućnosti primene reaktora za ozračavanje uzoraka. Formiranje unutrašnjih polja brzih neutrona u reaktorskom jezgru omogućava više doze za ozračavanje uzoraka i spektar neutrona koji je bliži fisionom spektru.

Nabavka visokoobogaćenog nuklearnog goriva je omogućila formiranje ovakvih polja neutrona. Najpre je realizovan gorivni eksperimentalni kanal GEK, /2/, a potom i dve verzije spregnutog brzo-termičkog sistema SBTS-1 i SBTS-2, /3/.

3. POLJA BRZIH NEUTRONA NA REAKTORU RB

Gorivni eksperimentalni kanal GEK

Standardni aluminijumski gorivni kanal reaktora RB, prečnika 41/43 mm je iskorišćen kao nosač gorivnog eksperimentalnog kanala. U njega je smešteno 10 gorivnih elemenata (segmenata) od 80% obogaćenog uranijuma. Segmenti su obrađeni tako da je obezbeđen slobodan eksperimentalni prostor cilindričnog oblika prečnika 25 mm i visine 1m. Gek je sa donje strane zatvoren da bi se sprečilo ulaženje moderatora, a isto je urađeno i sa osam susednih kanala u kojima se takođe nalazi visokoobogaćeno gorivo. Sastav jezgra reaktora i korak rešetke je odabran tako da se postigne optimalan odnos gustine epitermičkog i termičkog neutronskog fluksa na mest GEK-a.

Mogućnos korišćenja GEK-a za eksperimente i industrijsko ozračavanje uzoraka su ograničene u velikoj meri malim raspoloživim eksperimentalnim prostorom.

Spregnuti brzo-termički sistem SBTS

Brzu zonu SBTS-1 čine brzo jezgro i omotač. Brzo jezgro čini prstenasti deo od 80% obogaćenog uranijuma koji formira centralnu vazdušnu šupljinu prečnika 200 mm i visine 1,2 m. Oko brzog jezgra je postavljen omotač od gorivnih šipki od prirodnog uranijuma. Čitava brza zona je bez moderatora.

Termičku zonu SBTS-1 čini ostatak jezgra reaktora RB , koji sadrži 2% i 80% obogaćeno nuklearno gorivo smešteno u standardnu rešetku koraka 12 cm i moderirano teškom vodom.

Verzija SBTS-2 spregnutog brzo-termičkog sistema na reaktoru RB je slično koncipirana. Brzu zonu čini prstenasti sloj od gorivnih šipki od prirodnog uranijuma sa centralnim vazdušnim prostorom prečnika 300 mm i visine 1,2 m. U ovoj konfiguraciji nema brzog jezgra. Termičku zonu takođe čine gorivni elementi sa 2% i 80% obogaćenim gorivom u standardnoj rešeci koraka 12 cm i sa teškom vodom kao moderatorom.

Eksperimentalne mogućnosti spregnutog brzo-termičkog sistema na reaktoru RB su velike zahvaljujući velikom raspoloživom eksperimentalnom prostoru. Moguće je njegovo korišćenje za sve vidove eksperimenata i ozračavanja uzoraka gde su potrebna neutronska polja epitermalnog spektra i gde su dovoljne doze ozračavanja koje mogu da se postignu na SBTS.

4. ODREĐIVANJE APSORPCIONIH DOZA U CENTRALNIM VAZDUŠNIM ŠUPLJINAMA GEK-a I SBTS

Intermedijarni i brzi spektar neutrona su izmereni primenom aktivacione metode /4,5/. Pri merenju intermedijarnog spektra je korišćen metod rezonantnih, a pri merenju brzog spektra metod prag detektora.

Apsolutna aktivnost folija je izmerena mernim linijama scintilacione sonde i 4πGM seta. Rezultati merenja su obrađeni programom ACT, zasnovanom na analitičkim relacijama u koje su uključene sve neophodne fizičke i geometrijske korekcije. Program daje saturacionu aktivnost i gustinu neutronskog fluksa kao izlazne rezultate. Intermedijarni spektar je dobijen programom KRIFIT, zasnovanom na metodi najmanjih srednjekvadratnih odstupanja, a brzi spektar programom HEFEST, zasnovanom na metodu maksimalne podudarnosti. Neutronski spektri u centralnim vazdušnim šupljinama su izračunati programom VESNA, /6/.

Na osnovu opisanih apsolutnih merenja, spektri su normalizovani. Proračun je izvršen sa 44 energetske grupe, a zatim je normalizovan i kondenzovan u 25 grupa. Konverzija u apsorpcione doze je obavljena programom ADOS, koji je zasnovan na konverzionim faktorima apsorpciona doza - neutronski fluks. Apsorpcione doze su zatim kondenzovane u 4 energetske grupe. Dobijeni rezultati za polja brzih neutrona na reaktoru RB su prikazani u Tabeli 1.

Makrogrupe	E	$\dot{D}_a$ /Gy/Wh/ GEK	SBTS-1	SBTS-2
1 - 5	0,80 MeV - 10,5 keV	0,320	0,151	0,129
6 - 12	4,65 keV - 800 keV	0,196	0,135	0,112
13 -24	0,465 eV - 4,65 keV	0,030	0,025	0,023
25 -44	1 meV -0,465 eV	0,003	0,005	0,006
1 - 44	1 meV - 10,5 MeV	0,449	0,316	0,270

Tabela 1. Apsorpcione doze u poljima brzih neutrona

5. ZAKLJUČAK

Najveće doze je moguće postići u eksperimentalnom prostoru gorivnog eksperimentalnog kanala GEK, što je sasvim logično, jer je formiranjem GEK-a minimalno perturbovano jezgro reaktora RB. Povećanje korisnog eksperimentalnog prostora kod spregnutog brzo-termičkog sistema SBTS je uslovilo smanjenje neutronskog fluksa u reaktoru.

Rezultati proračunatih doza u poljima brzih neutrona na reaktoru RB pokazuju i granice moguće primene ovih polja za potrebe eksperimenata u oblasti fizike neutrona, ozracavanje uzoraka za biološke i medicinske eksperimente, ispitivanje elektronskih komponenti i materijala itd. Svuda gde nije neophodno postizanje visokih doza, moguće je korišćenje ovih polja. S obzirom na raspoloživu kvalitetnu i savremenu opremu, očekuje se intenzivnije korišćenje osavremenjenih mogućnosti reaktora RB i opisanih polja brzih neutrona, naročito kroz projekat Fonda za nauku Srbije "Osnovna istraživanja vezana za korišćenje nuklearne energije", u okviru koga je realizovan i ovaj izvestaj.

DETERMINING OF THE ABSORBED DOSES IN CENTRAL AIR HOLES OF FAST NEUTRON FIELDS AT THE RB REACTOR

SUMMARY:

A number of experimental fast neutron fields is created at the RB reactor. The intermediate and fast neutron spectrum are measured by activation technique. The intermediate and fast neutron absorbed doses are compared at the basis of these experimental results. At the end the obtained doses are compared.

REFERENCE:

/1/ D. Popović: "Natural U-D_2O Critical Assembly". Second United Nations International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneve, 1958.

/2/ M. Pešić, H. Marković, M. Šokčić-Kostić, I. Mirić, M. Prokić, P. Strugar: "Experimental Fuel Channel for Samples Irradiation at the RB reactor", Kernenergie, v. 27, s. 461, 1984.

/3/ M. Pešić: "Coupled Fast-Thermal System at the RB reactor" Kernenergie, v. 80, s. 142, 1987.

/4/ M. Šokčić-Kostić: "Određivanje spektra termičkih, intermedijarnih i brzih neutrona aktivacionom metodom" Magistarska teza, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 1990.

/5/ M. Šokčić-Kostić, M. Pešić, D. Antić: "Fast neutron Spectrum Determination with Threshold Detectors at the RB Reactor" International Conference on Fast Neutron Physics, Dubrovnik, 1986.

/6/ M. Milošević: "VESNA - Program za višegrupni ćelijski proračun sa bibliotekom podataka NEDA". Interna publikacija NET - IBK

NOVI MERILNIK ZA DOLOČANJE RADONA V ŽIVLJENJSKEM OKOLJU

T.Šutej, A.Valenčič*

Institut "Jožef Stefan", Univerza v Ljubljani
P.O.B. 100, 61111 Ljubljana

*Tovarna organskih kislin
Vojkov drevored 14, 66250 Ilirska Bistrica

Povzetek

Razvili smo nov merilnik koncentracije radona v naravnem okolju, ki temelji na istočasni uporabi aktivnega oglja ter trdnega detektorja jedrskih sledi. Oglje zbira radon iz okolja in detektor registrira delce alfa, ki jih sevajo radon in njegovi razpadni produkti. Odziv novega merilnika na radon z uporabo oglja deodorant in detektorja sledi CR-39 je približno 2 sledi $cm^{-2}/Bq\ m^{-3}d$, kar je za en velikostni red boljše od odziva standardnega merilnika. Z novim merilnikom lahko merimo povprečno koncentracijo radona do 10 Bq m^{-3} v času 4 dni.

1 UVOD

Za velikoserijske meritve radona v življenjskem okolju sta sedaj najprimernejši metodi, ki temeljita na uporabi aktivnega oglja [1] ali detektorja jedrskih sledi [2]. V prvem primeru oglje izpostavimo okolju, kjer zbira radon iz zraka. Po nekaj dnevih izmerimo radioaktivnost oglja tako, da s spektrometrom prestejemo žarke gama od radonovih razpadnih produktov. V drugem primeru pa detektor jedrskih sledi, ki je ustrezno zaščiten v difuzijski posodici, izpostavimo okolju nekaj tednov. Delci alfa po razpadu radona povzročajo v detektorju latentne sledi, ki jih nato v laboratoriju razvijemo in preštejemo.

Spodnja meja detekcije merilnika koncentracije radona z detektorjem jedrskih sledi je praktično obratno sorazmerno času meritve in znaša približno 100 Bq m^{-3} za čas 1 dan [2]. Ker so povprečne koncentracije radona v zunanjem in notranjem okolju velikostnega reda 10 in 100 Bq m^{-3}, je uporabnost te metode omejena samo na dolgotrajne meritve. Zato smo za nekaj dnevne meritve radona iznašli novo tehniko, ki temelji na istočasni uporabi aktivnega oglja in detektorja jedrski sledi [3]. Ugotovili smo, da je občutljivost novega merilnika za en velikostni red boljša od starega, če kot zbiralec radona uporabimo aktivno oglje deodorant. Ker pa so adsorpcijske lastnosti oglja odvisne od številnih faktorjev (vrste oglja, temperature, vlage, časa meritve, itd.), občutljivost merilnika ni konstantna in ga moramo preizkusiti v različnih razmerah. Namen tega dela je analizirati različna oglja in na osnovi rezultatov raziskav izbrati najprimernejše za novi merilnik radona.

2 METODA

Prototip novega merilnika radona je shematično prikazan na sliki 1. Sestavljen je iz majhne kovinske posodice (premer je 33 mm, višina je 9 mm), v kateri sta detektor jedrskih sledi in aktivno oglje. Filter iz steklenih vlaken, pritrjen na vrhu posodice, zmanjša signal torona in dostop vlage v posodico ter učvrsti plast oglja. Med meritvijo se radon na oglje adsorbira, kjer razpada. Delci alfa, ki jih sevajo radon in njegovi razpadni produkti, pustijo v detektorju latentne sledi, ki jih z jedkanjem povečamo in preštejemo pod svetlobnim mikroskopom. Koncentracijo radona nato določimo iz izmerjene površinske gostote sledi.

Slika 1. Prototip novega merilnika radona.

3 MERITVE

Določili smo občutljivost novega merilnika na radon z uporabo različnih vrst oglja. Merilnik smo izpostavili radonu v posebni komori, ki je podrobneje opisana drugje [2,4]. Za detekcijo delcev alfa smo uporabili zelo občutljiv detektor iz alildiglikol karbonata MA-ND/α (MOM, Madžarska). Prva meritev je trajala 3.5 dni, druga pa 5 dni. Koncentracijo radona smo merili s standardnim merilnikom [2], ki smo ga postavili v komoro skupaj z novimi merilniki. Po obsevanju smo detektorje kemijsko jedkali 5 ur v razstopini 6.25 N NaOH pri temperaturi 70 °C.

Za zbiranje radona smo uporabili nekaj vrst aktivnega oglja z debelino plasti 5 mm. Preizkusili smo naslednje vrste oglja:
(i) deodorant - Norit (Verona, Italija),
(ii) deodorant - TOK (Ilirska Bistrica, Jugoslavija),
(iii) oglje za kromatografijo - Kemika (Zagreb, Jugoslavija),
(iv) dekolorant - Anticromos (Milano, Italija),
(v) oglje za kromatografijo - Merck (Damstadt, Nemčija) in
(vi) dekolorant - TOK (Ilirska Bistrica, Jugoslavija).
Tem ogljem smo določili vsebnost vlage, vsebnost pepela, adsorpcijsko moč v odnosu na jod in kislost. Vsebnosti vlage in pepela smo izmerili s tehtanjem vzorcev oglja po sušenju pri 105 °C preko noči oziroma žarjenju pri 800 °C. Adsorpcijsko moč oglja v odnosu na jod smo določili tako, da smo iz razstopine (10 ml), ki je vsebovala 50 mg joda in 25 mg suhega aktivnega oglja, kemijsko izločili preostanek joda, ki se ni adsorbiral. Kislost oglja smo izmerili z lakmusovim papirjem. Pred vsako meritvijo radona pa smo oglja sušili 3 ure pri temperaturi 120 °C.

4 REZULTATI

Rezultati kemijskih analiz so prikazani v tabeli 1. Iz njih je razvidno, da imajo oglja vrste deodorant glede na ostala oglja najmanjšo vlažnost ($\leq$ 6%), najmanjšo adsorpcijsko moč na jod

($\leq$ 34%) in najmanjšo kislost (pH $\geq$ 9.3). Oglja vrste dekolorant pa imajo največjo adsorpcijsko moč ($\geq$ 39%) in zelo veliko vlažnost ($\geq$ 8.3%). Vsebnost pepela je v vseh ogljih manjša od 10%.

Rezultati meritev radona v umeritveni komori z novimi merilniki so prikazani v tabeli 2. Povprečna koncentracija radona, določena z umerjenim standardnim merilnikom, je med prvo meritvijo v času 3.5 dni znašala (18.2 $\pm$ 2.6) kBq m^{-3}, med drugo meritvijo v času 5 dni pa (22.3 $\pm$ 3.3) kBq m^{-3}. Če izmerjene gostote sledi primerjamo z rezultati v tabeli 1, opazimo izrazito negativno korelacijo med adsorpcijsko močjo oglja na jod ter na radon. Oglja, ki radon dobro adsorbirajo, jod ali vodo slabo adsorbirajo. Zato je za meritve radona v vlažnem okolju oglje deodorant najboljše.

V tabeli 3 pa so navedene vrednosti odziva novega merilnika na radon, definiranega kot razmerje med izmerjeno gostoto sledi ter povprečno koncentracijo radona in časom meritve. Vrednosti odzivov so izračunane glede na rezultate meritev koncentracije radona z umerjenim standardnim merilnikom, katerega odziv praktično ni odvisen od časa meritve in znaša (0.16 $\pm$ 0.02) sledi cm^{-2}/Bq m^{-3}d. Iz rezultatov je razvidno, da je novi merilnik z uporabo oglja

Tabela 1. Rezultati kemijske analize nekaterih vrst aktivnega oglja.

Vrsta oglja	vlaga [%]	pepel [%]	adsorpcijska moč [%]	pH
Deodorant - Norit	6	4.7	34	9.3
Deodorant - TOK	4.4	6.4	34	9.4
Kemika	7.8	0.6	36	6.2
Dekolorant - Anticromos	8.3	2.5	39	6.2
Merck	16.8	3.7	38	6.4
Dekolorant - TOK	14.7	8.0	44	6.1

Tabela 2. Izmerjena gostota sledi delcev alfa na detektorjih MA-ND/α v novem merilniku radona za nekatera oglja pri dveh časih meritve.

Vrsta oglja	Gostota [sledi mm^{-2}]	
	3.5 dni	5 dni
Deodorant - Norit	1356 $\pm$ 82	-
Deodorant - TOK	1198 $\pm$ 77	1553 $\pm$ 89
Kemika	992 $\pm$ 69	1250 $\pm$ 78
Dekolorant - Anticromos	690 $\pm$ 50	-
Merck	-	456 $\pm$ 27
Dekolorant - TOK	175 $\pm$ 9	282 $\pm$ 20
Standardni merilnik	100 $\pm$ 7	173 $\pm$ 12

Tabela 3. Izračunane vrednosti odziva novega merilnika na radon za nekatera oglja pri dveh časih meritve.

Vrsta oglja	Odziv [sledi cm^{-2}/Bq m^{-3}d]	
	3.5 dni	5 dni
Deodorant - Norit	2.2 $\pm$ 0.4	-
Deodorant - TOK	1.9 $\pm$ 0.3	1.4 $\pm$ 0.2
Kemika	1.6 $\pm$ 0.3	1.1 $\pm$ 0.2
Dekolorant - Anticromos	1.1 $\pm$ 0.2	-
Merck	-	0.42 $\pm$ 0.07
Dekolorant - TOK	0.28 $\pm$ 0.04	0.26 $\pm$ 0.04

deodorant za en velikostni red bolj občutljiv od standardnega merilnika in da odziv novega merilnika s časom meritve pojema zaradi zmanjševanja adsorpcijske moči oglja.
Spodnja meja občutljivosti novega merilnika na radon (C_{min}) je bila določena z relacijo

$$C_{min} = \frac{2.71 + 4.66\sqrt{\rho_o \cdot A}}{A \cdot K \cdot t},$$

kjer je ρ_o gostota sledi ozadja na površini detektorja A, K odziv merilnika in t čas meritve. Pri vrednostih $\rho_o = 20$ sledi cm^{-2}, $A = 0.15$ cm^2, $K = 2$ sledi $cm^{-2}/Bq\ m^{-3}d$ in $t = 4$ d spodnja meja občutljivosti znaša 9 Bq m^{-3}.

ZAKLJUČEK

Novi merilnik radona je z uporabo aktivnega oglja deodorant za en velikostni red bolj občutljiv od standardnega z enakim detektorjem v difuzijski posodici. Z njim lahko merimo povprečno koncentracijo radona do 10 Bq m^{-3} v času 4 dni. Ker je majhen in poceni, je uporaben za velikoserijske meritve radona v življenjskem okolju. Vendar so zaradi odvisnosti odziva merilnika od adsorpcijskih lastnosti oglja potrebne dodatne študije.

LITERATURA

1. B.L. and E.S.Cohen, Theory and practice of radon monitoring with charcoal adsorption, Health Physics 45, 2, 501 (1983).

2. T.Šutej, R.Ilić and M.Najžer, Response of track-etch dosemeters to environmental radon, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 15, 1-4, 547 (1988).

3. T.Šutej, M.Križman and R.Ilić, A new technique for radon measurement based on a combination of a track-etch detector and activated charcoal, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 18 (1991) v tisku.

4. T.Šutej and R.Ilić, Plateout determination of radon decay products by autoradiography, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 18 (1991) v tisku.

Abstract

A new device for radon monitoring in the natural environment was investigated. It is based on the use of activated charcoal and a track-etch detector. The results show that the sensitivity of the new device to radon utilizing deodorant activated charcoal and CR-39 track-etch detector is 10 Bq m^{-3} for an exposure time of 4 days.

Proračun jačine ekspozicione doze za pobuđivanje signalizatora nuklearne eksplozije

Tomljenović I. - Videkanić S.
"Rudi Čajavec". Banjaluka

Apstrakt
Obrađen je način korištenja izvora ^{60}Co velike aktivnosti u naučne i praktične svrhe. Željena jačina ekspozicione doze utvrđena je postupkom iteracije a ne proračunima. Proračuni ne mogu dati podatke za precizno utvrđivanje rastojanja senzora od izvora koje bi se koristilo u metrološke svrhe.
U drugom dijelu rada prikazan je način izračunavanja jačine ekspozicione doze kod rentgen aparata i utvrđivanje potrebnih rastojanja koja se potom provjeravaju Farmer dozimetrom. Obrađena metoda proračuna se rijetko koristi ali je korisna jer skraćuje vrijeme praktičnog utvrđivanja parametara.
Oba načina dobijanja jačine ekspozicione doze služe za praktično provjeravanje uključivanja alarmnog sistema prilikom nuklearne eksplozije.

Ključne riječi: radioaktivni izvor, rentgen aparat, radijacija, jačina ekspozicione doze, nuklearna eksplozija, alarmni nivo, signalizator.

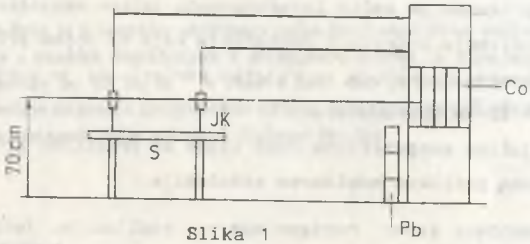
A Detekcija nuklearne eksplozije

Kod nuklearne eksplozije (NE) prvo što se uočava je svjetlosni bljesak, a potom slijede početna gama zračenja i drugi popratni efekti. Potrebno je što prije utvrditi nuklearnu eksploziju da bi se blagovremeno uključili alarmni i zaštitni sistemi. U te svrhe koristi se mjerni komplet koji sadrži u sebi jednu mjerno upravljačku jedinicu MVJ. Kao senzor koristi se jedna silicijumska PIN foto dioda domaće proizvodnje (IHTM Beograd) tip FD5N. Karakteristike diode su takve da je odziv struje iz diode linearan sa promjenom jačine ekspozicione doze. Pokriva širok mjerni opseg do 100.00 Gy. Odziv je nezavisan od upadnog ugla zračenja na diodu i o temperaturi u intervalu $-15^{o}C$ od $+55^{o}C$. Dioda kao svi poluvodički elementi je malih dimenzija i mase. Aktivna površina diode je oko 2 mm x 2 mm. Dioda je poluprovodnički senzor a pošto je X fotodioda zbog osjetljivosti na svjetlost mora se zaštiti od te svjetlosti. Početno gama zračenje je impulsnog karaktera i to visokog intenziteta te je fotodiodu pogodno koristiti elektronski posmatrano u jednosmjernom režimu rada. Na osnovu saznanja o razornom dejstvu NE i rastojanja od nulte tačke (NT) okidni nivoi postavljeni su na slijedeće vrijednosti jačine ekspozicione doze $10.3.10^{-4}$(C/kgs) (4 R/s),(odnosno jačine apsorbovane doze 4 cGy/s, kada se ne smije pojaviti alarmni signal i $12.5.10^{-4}$(C/kgs), (6 R/s) odnosno (cGy/s), mora. Kontrola ispravnosti rada prati se paljenjem signalne sijalice.

B Provjera rada pomoću gama zraka

Provjera ispravnosti rada vrši se u polju gama zračenja ^{60}Co. Vrijednosti osidnih nivoa su vrlo visoke te je za formiranje zahtjevanog gama polja potrebno imati gama izvor velike aktivnosti (20000 Ci,700 TB_q). Takvi izvori nalaze se u institutima "R. Bošković" - Zagreb, "Boris Kidrič" Vinča-Beograd i služe u oba slučaja za sterilizaciju. Izvor u. IRB- Zagrebu smješten je u podzemni bunar, lako i brzo se automatskim putem podiže iz bunara i pogodan je za mjerenje na rastojanju 1 m do 2 m od izvora.

Skica položaja izvora i MUJ kao i pomoćne opreme prikazana je na slici 1



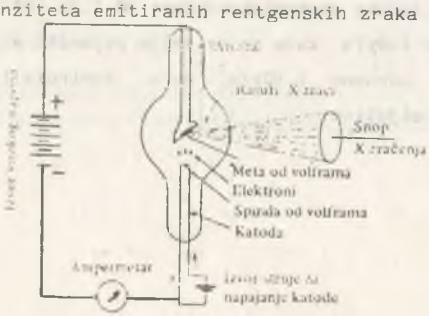
Slika 1

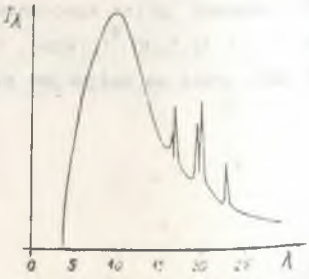
Izvor sačinjava 12 radioaktivnih cijevi Co koje su poredane vertikalno i čine plašt valjka. Od ovakvog radioaktivnog izvora (raspored pojedinih dijelova i aluminijumskog štita) teško je izračunati udaljenosti za zadane jačine ekspozicione doze. A praktično nemoguće da bi proračuni služili za metrološke svrhe. Zato se u te svrhe koristi dozimetar pomoću koga se putem iteracije višekratnim mjenjanjem rastojanja nade tražena jačina apsorbovane doze. U toku rada koristio se Farmer dozimetar 2570 i jonizaciona komora veličine 0.6 cm^3. u vremenu 10 s. a rastojanje za oba kontrolna nivoa ležalo je intervalu dužina 1 m do 1.5 m. Uz zaštitnik izvora stavljane su olovne cigle da izvor prilikom izlaska iz bunara ne bi prijevremeno izvršio aktiviranje alarmnog sistema.

2. Provjera rada pomoću rentgenskih zraka

Prije nego su nabavljeni i ugrađeni izvori ^{60}Co velike aktivnosti u svrhe kontrole alarmnog nivora koristili smo rentgenaparate koji rade pri velikim anodnim strujama i naponima.

Na slici 2 prikazana je šema rentgen aparata. a na slci 3 spektralna raspodjela intenziteta emitiranih rentgenskih zraka nastalih kočenjem elektrona na anodi.





Od veličine napona pri kojem radi rentgen aparat ovisi i izlazna energija rentgenskih zraka. Napon pri kojem radi rentgen aparat izražen u kV brojno odgovara energiji izlaznih rentgenskih zraka izražen u keV. Taj podatak treba imati u vidu i kod relacije (1) koja povezuje maksimum energije i srednju energiju rentgenskih zraka dobijenih zakočnim zračenjem iz rentgen cijevi.

$$E = \frac{2}{3} E_{max} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Jačina ekspozicione doze rentgenskog zračenja dobijenog iz rentgenske cijevi bez filtracije može se izračunati pomoću slijedeće relacije:

$$\dot{X} = P_T \frac{i}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

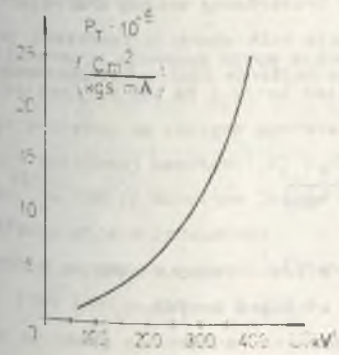
gdje je
- $\dot{X}$ (C/kgs) jačina ekspozicione doze
- I (mA) - tok električne struje u rentgenskoj cijevi
- l (m) - udaljenost senzora detektora od anode rentgenske cijevi
- P_T (Cm^2/kgs.mA) - jačina ekspozicione doze dobijene iz rentgenske cijevi na udaljenosti 1 m od anode rentgenske cijevi pri toku struje 1 mA.

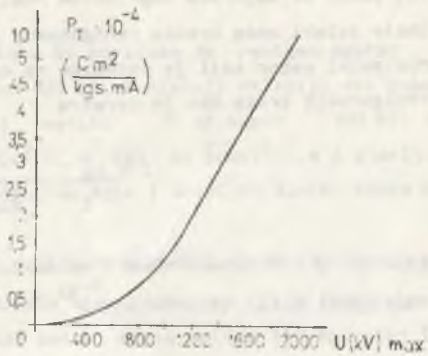
Udaljenost od rentgense cijevi mjeri se od crvene linije ili tačke nacrtane na žuto obojenom valjkastom dijelu cijevi.

Iz relacije (2) P_T možemo izraziti eksplicite pa je:

$$P_T = \frac{\dot{X} \cdot l^2}{i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Pm prestavlja emisiju zraka dane rentgenske cijevi i zavisi uglavnom od napona napajanja i prethodne filtracije zračenja i poprima razne vrijednosti zavisno od konstrukcije cijevi. Na slikama 4 i 5 prikazana je zavisnost emisivnosti rentgenske cijevi P_T (na ruskom jeziku rentgenska trubka), koja se primjenjuje u defektoskopiji materijala, od maksimalnog napona na cijevi pri značajnoj početnoj filtraciji.





Pri određivanju jačine ekspozicione doze, koju stvara dana rentgenska cijev koristi se veličina Pm te cijevi koja je određena eksperimentalnim putem (mjerenjem). Ukoliko je Pm nepoznato, a uglavnom je tako, onda se sa dobrom aproksima cijevi može uzeti da je Pm ≈ P_T i očitati sa grafikona. Relacija (2) može pisati na slijedeći način:

$$\dot{X} = Pm \frac{i}{l} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

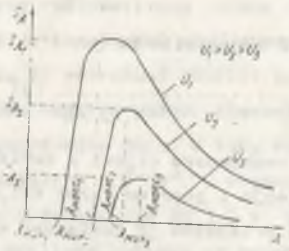
Relacija (2) nas podsjeća na relaciju za proračun jačine ekspozicione doze tačkastog izvora gama zračenja.

$$\dot{X} = \Gamma \frac{A}{l^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

gdje emisivnost cijevi P_T je analogna gama konstanti a tok struje, i, aktivnosti radionuklida A.

Rezultati dobijeni računom provjeravaju se Farmer dozimetrom i odgovarajućom jonizacionom komorom.

Pri proračunu zaštite od rentgenskog zračenja treba imati u vidu promjenu njegovog spektralnog sastava sa povećanjem debljine zaštitnog sloja. Zbog jake apsorpcije nekih komponenata spektra sa povećanjem debljine zaštite (filtra, štita) maksimum intenziteta spektra pomjera se na stranu manjih valnih dužina (sl. 6) ili većih energija Emax



Sl. 6

Taj pomak se usporava doprinosom rasijanog (raspršenog mekšeg zračenja. Uzimanje u obzir oslabljenog kranta rentgenskog zračenja svih energija teoretski je vrlo teško. Minimalni napon koji je potreban za emisiju najtvrde linije kontimiranog spektra rentgenskih zraka dan je izrazom

$$U = \frac{hc}{l} \frac{1}{\lambda_{min}} = \frac{k}{\lambda_{min}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

gdje je: U (V) napon, λ(nm) valna dužina, h (Js) Plankona konstanta, c(m/s) brzina svjetlosti, e (C) naelektrisanje elektrona, k-oznaka konstante.

I relacije (6) uočava se da valna dužina spektra rentgenskih zraka ne zavisi od prirode metala antikatode (gdje dolazi do kočenja elektrona) nego samo od upotrebljenog anodnog napona U.

Dakle pri propuštanju rentgenskog zračenja kroz filtar (štit) određene debljine dolazi više do odsjecanja (apsorpcije) spektralnih linija (spektra) većih valnih dužina nego kratkovalnih dužina.

Postupak pri radu

Na slici 1 prikazan je razmještaj senzora-uređaja i izvora.
Spoljnim električnim komandama radioaktivni izvor ^{60}Co izvuče se iz ležišta-bunara i dovede u radni položaj. Vanjski promjer izvora je 30 cm. Da bi se uređaj zaštitio od zračenja izvora u momentu kada se pojavi na površini poda stavljen je dio od olovnih cigala. Na taj način je spriječeno pobuđivanje senzora od zračenja koje je nastalo zakočnim zračenjem gama zraka na nosaču (metalnom stolu) uređaja. Pomoću jonizacione komore i Farmer dozimetra, metodom iteracije, tj višekratnim mjerenjem utvrdimo rastojanje komora-izvor na kome ostvarujemo jačinu ekspozicione doze od $10.3 \cdot 10^{-4}$ C/kgs (4R/s). Zahtjev je da pri toj jačini ekspozicione doze senzor ne reaguje. Na dan 21.01.91. god. rastojanje senzor-izvor (površina izvora) iznosila je 0.995 m.
Na udaljenosti senzora (fotodiode) od površine izvora (^{60}Co) 0.77 m alarmni signal obavezno se uključuje $\dot{X} = 12.5 \cdot 10^{-4}$ C/kgs (6R/s). Uključenje alarma prati se preko paljenja signalne led diode. Podešavanje alarmnog nivoa tj praga alarma na uređaju postiže se promjenom napona na elektronskom sklopu.
Fotodioda smještena je u unutrašnjosti uređaja te je zaštićena od vanjske vidljive svjetlosti. Prilikom pro jeravanja alarmnog nivoa uređaj se dovodi u takav položaj da je fotodioda okrenuta prema radioaktivnom izvoru geometrijski položaj fotodiode u uređaju vidno je obilježen na spoljašnjem dijelu kutije samog uređaja.
Time je određivanje rastojanja izvor-fotodioda znatno olakšano.

Radioaktivni izvor da bi ostvario traženu jačinu ekspozicione doze mora biti vrlo velike aktivnosti koje onda iziskuju izuzetne mjere zaštite.
Ista jačina ekspozicione doze može se ostvariti i sa rentgen aparatom napona do 400 kV i struje 12 mA samo je vrijednost energije znatno manja. Srednja energija gama zraka je 1250 keV dok se energija rentgenskih zraka kreće oko 200 keV pri naponu na cijevi 300 kV.

Za provjeravanje alarmnog nivoa signalizatora NE korišten je rentgen aparat firme. Balteau od 320 kV i firme Seifert od 420 kV. Koristeći relaciju (4) pokazalo se da je potrebno na rentgen aparatu struj postići 10 mA.napon 300 kV. da bi pri emisionoj konstanti $P_T = 12.5 \cdot 10^{-6}$ (C m^2/kgs) na praktičnim i mjerljivim rastojanjima dobili dovoljne jačine ekspozicione doze i dovoljnu širinu snopa koji bi ozračavao cijelu fotokatodu.
Uz navedene parametre račun i očitanje sa grafikona pokazali su da rastojanja za $10.3 \cdot 10^{-4}$ C/kgs (4R/s) iznose 0.353 m. a za $12.5 \cdot 10^{-4}$ C/kgs (6 R/s) iznosi 0.288 (m)

Prilikom rada sa rentgen aparatom tipa Seifert u Energoinvestu-Sarajevo, podešen je napon 400 kV, struja 10 mA, a iz grafikona je uzeto $P_T=25.10^{-6}$(C m^2/kg s,mA), onda za tražena rastojanja dobijamo 0.408 m ($\dot{X}$= 12.4 10^{-4} C/kgs), i 0.50 m za (10.3 10^{-4} C/kgs).

Trenutak početka ozračivanja fotodiode ostvaruje se spuštanjem olovnog filtra debljine 2.5 cm pomoću elektromagnetnog prekidača.

Praktična provjera proračuna izvršena je sa Farmer dozimetrom i pokazala je odlično slaganje.

U toku rada neophodno je pridržavati se uputstva rada sa rentgen aparatom (npr. vrijeme zagrijavanja cijevi, rad pumpi za hlađenje cijevi) kao i koristiti odgovarajući mjere zaštite.

Teškoće primjene rentgen aparata

U Jugoslaviji se mogu naći rentgen aparati napona do 400 kV.

Na slici 4 dani su podaci za rentgen aparate koji imaju te mogućnosti dok su podaci sa grafikona 5 litaraturnog porijekla (1). Takve rentgen aparate možemo naći u. ‚Energoinvestu- Sarajevo, (tip Seifert), željezara, ‚Ravne na Koroškem, ‚Tvornica parnih kotlova-Zagreb.

Rentgen aparati do 300 kV nalaze se u D. Đaković, Sl. Brod, Metalna-Maribor, ‚Mašinska industrija-Niš, Sloboda-Čačak, ‚Boris Kidrić-Vinča, brodogradilišta Uljanik-Pula- ‚Prvi maj-Rijeka, U ‚R.Čajevcu Banjaluka, ugrađeno je više rentgen aparata od kojih je jedan 320 kV, proizvodnje Philips.

Prilikom rada sa rentgen aparatima proizvodnje firme.Philips uočeno je da se relacija (4) i grafikoni 4 i 5 ne mogu primjeniti i da daju mnogo veće jačine ekspozicionih doza od očekivanih vrijednosti.

literatura

(1) S.V Ramjancev - Radijaciona defektoskopija Atomizdat. Moskva 1968 st. 377-379.

(2) d.D. Ristić- Izučavanje zaštitnih svojstava bonitnog betona i silikatnog stakla za X-zračenje do 400 kV- Krajugevac, 1984.

(3) I. Supek Moderna fizika i struktura materije Tehnička njihga - 1960.Bgd.

(4) T. Tomljenović- Radijacioni aspekti ugradnje rentgen aparata u baždarnici RO PE Banjaluka, 1990.god.

(5) Priručnik za rad rentgen aparata MGC 30 i rentgenske cijevi MCN 321. proizvodnje. Philips.

KONTROLA PRISUSTVA RADIOAKTIVNIH MATERIJA U ROBI NA GRANIČNIM PRELAZIMA

Vejnović Z., Benderać R., Ristić D.

Institut bezbednosti, Beograd

UVOD

Poslednjih godina je svetska javnost više puta uznemirena najavama o postojanju ilegalnog prevoza radioaktivnih materija. Kao važno tranzitno područje naša zemlja je u nekoliko navrata pominjana kao teritorija kroz koju se takav transport odvijao (brodovi Petersberg i Ksian Sea). Odsustvo pravovremene i redovne radiološke kontrole i činjenica baziranih na njoj pojačavao je sumnje i zabrinutost javnosti u pogledu mogućnosti i spremnosti da se zaštiti okolina od kontaminacije radioaktivnim materijama.

Uvoz, izvoz i tranzit radioaktivnih materija preko teritorije SFRJ je regulisan zakonom. Polazeći od toga Savezno izvršno veće je naložilo da se sačini Predlog kontrole u cilju sprečavanja ilegalnog prometa radioaktivnih materija preko granice. Posle izvršenih analiza koje su imale za cilj iznalaženje najoptimalnijih rešenja u pogledu sinteze organizacionih, kadrovskih i tehničkih mogućnosti za ostvarenje efikasnog sistema kontrole sačinjen je Predlog redovne kontrole prisustva radioaktivnih materija u robi u prometu preko graničnih prelaza. Pre definitivnog usvajanja od strane SIV-a Predlog je prošao više, procedurom predvidjenih, instanci koje su imale zadatak da ocene predložena rešenja sa organizacione, funkcionalne, stručne i finansijske strane.

Predlog predstavlja dopunu postojećim sistemima kontrole prisustva radioaktivnih materija koji se vrše na graničnim prelazima i polazi od činjenice da je od primarnog interesa detekcija radioaktivnog otpada koji sačinjavaju fisioni produkti. Ne predvidja se zapošljavanje nove radne snage, niti bilo kakva promena u obavljanju postojećih poslova kontrole. Procesom kontrole je predvidjeno maksimalno iskorišćenje svih raspoloživih kadrovskih i tehničkih potencijala. Predvidjeno je korišćenje opreme domaćih proizvodjača. U tom smislu je ostvarena uspešna saradnja sa Institutom "Boris Kidrič" - Vinča.

Teret sa broda "Petersberg"

Tokom 1988.g. i 1989.g. medjunarodnu javnost je uzbudjivao teret sa broda "Petersberg". Za ovaj teret se u javnosti još uvek smatra da je sadrzavao radioaktivni otpad. Teret broda "Petersberg" je prošao skoro čitavim plovnim putem Dunava da bi stigao do Turske odakle je, posle pretovara, vraćen istim putem nazad. Iako su se sumnje o sadržaju broda pojavile jos prilikom revizija na graničnim prelazima, prve analize sadrzaja su izvršene u Turskoj. Otuda su i potekle vesti o prisustvu radioaktivnih materija u teretu i, u nedostatku drugih informacija, počelo je da se nagađja da je reč o radioaktivnom otpadu. Posto Turska nije htela da primi teret, a druge zemlje nisu, bez čvrstih dokaza da nije u pitanju radioaktivni otpad, htele da dozvole prolaz brodu "Petersberg" kroz svoju teritoriju, ovaj teret je skoro godinu dana plutao na otvorenom moru. Za to vreme je SSSR izvrsio dozimetrijska merenja u okolini broda i konstatovao da nema povećanja doza zračenja, a po nalogu vlasnika tereta izvrsene su detaljne analize tereta u cilju pribavljanja potrebnih dozvola za njegov tranzit i vraćanje u polaznu luku. Radiometrijska merenja uzoraka uzetih sa više mesta, na različitim dubinama, izvršio je jedan istraživački centar iz Austrije. Obzirom na pokrenuti lanac sumnji ovi rezultati, koji su ukazivali na postojanje niskih specifičnih aktivnosti, su primani sa dosta rezervi. To je rezultiralo u posebnim merama bezbednosti koje su preduzimane prilikom prolaska broda kroz pojedine zemlje.

Institut bezbednosti je izvršio dozimetrijska i gamaspektrometrijska merenja površinskih uzoraka. Dobijeni rezultati su se poklapali sa zvaničnim informacijama (Tabela br.1.)

Tabela br.1. Rezultati gamaspektrometrijskih merenja

radionuklid	specifična aktivnost Bq/kg		
	turske analize	austrijske analize	Inst. bezbed.
cezijum-137	108	121.6 ± 9%	39.5 ± 1.6
cezijum -134	32	27.4 ± 5%	5.4 ± 1.2
radijum-226		24.0 ± 7%	56.7 ± 11
torijum-232		13.0 ± 12%	13.7 ± 2.2
kalijum-40		200.0 ± 7%	168.5 ± 8.1

Na osnovu prikazanih rezultata moglo se zaključiti da se u teretu broda "Petersberg" ne nalazi radioaktivni otpad i da je pored prirodnih radionuklida otkriveno i prisustvo Cs-137 i Cs-134 koji potiču od testova nuklearnog oružja iz 60-tih godina i od havarije nuklearnog reaktora u Černobilju.

Redovna kontrola na graničnim prelazima

Pored kontrola koju vrše organi unutrašnjih poslova u cilju protivdiverzione zaštite i savezni sanitarni inspektorati u cilju ispitivanja ispravnosti namirnica, a koje obuhvataju i detekciju radioaktivnih materija, Zaključkom SIV-a je predvidjena i redovna kontrola robe u prometu preko graničnih prelaza. Zbog specifičnosti reda na graničnim prelazima i karakteristika robnog prometa predvidjeno je da osnova bude automatska kontrola koja bi omogućavala sistematsko vršenje pregleda robe, pouzdanu detekciju i manju zavisnost od ljudskog faktora. Ova kontrola bi predstavljala dopunu carinskoj kontroli i imala bi za cilj detekciju gama zračenja iznad nivoa prirodnog fona. Pri tome se pošlo od činjenice da je radioaktivni otpad, koji je danas u svetu dominantan nastao radom nuklearnih reaktora i da sadrži radionuklide koji u šemi raspada imaju gama deeksitaciju. Kao dopuna automatskoj kontroli predvidjeno je korišćenje ručnih detektora zračenja za kontrolu robe koju nije moguće kontrolisati automatskim detektorima, za detaljnu kontrolu sumljivih tereta i za lociranje otkrivenih izvora zračenja. U slučaju otkrivanja i lociranja prisustva izvora zračenja dalje radnje oko utvrdjivanja činjeničnog stanja u pogledu identifikacije radionuklida, odredjivanja njihove pojedinačne i integralne aktivnosti i količine preuzeće Institut bezbednosti. Izvršena merenja u Institutu bezbednosti biće osnova za dalji zakonski postupak u pogledu prevoza i istovara tereta.

Automatska kontrola prisustva gama zračenja bi se vršila sa savremenim merno-alarmnim monitorima gama zračenja radjenim u digitalnoj tehnici. Merenja bi se vršila u kratkim vremenskim intervalima, a vrednosti merenja bi se izražavale u jedinicama jačine ekspozicione doze zračenja. Uredjaj mora da radi u kontinualnom režimu i da bude u stanju da prati brze promene nivoa zračenja u ambijentu u kome se detektor nalazi. Prekoračenje referentnog nivoa, koji je promenljiv, mora da se signalizira zvučnim sig-

nalom. Ručni detektori zračenja moraju da budu malih dimenzija i da mogu po potrebi da se pričvrsti za deo odeće. Po potrebi sa ovim detektorom treba da bude moguće odredjivanje površinske kontaminacije.

Opremanje graničnih prelaza se vrši u prioritetima prema količini prometa robe. Od primarnog značaja su rasuti i kontejnerski tereti. Za ove terminale su uradjeni projekti opremanja u zavisnosti od njihovih pojedinačnih karakteristika. Prema dinamici obezbedjivanja finansijskih sredstava kompletno opremanje će se obaviti u roku od tri godine.

Zaključak

Opremanjem graničnih prelaza sa uredjajima za otkrivanje radioaktivnih materija i obavljanjem sistematske kontrole roba u prometu povećaće se u značajnoj meri zaštita teritorije naše zemlje od ilegalnog prometa radioaktivnih materija. Za dalje se predlaže rad na uspostavljanju kontrole u cilju sprečavanja ilegalnog prenosa preko granice alfa i "čistih" beta emitera.

Abstract

The brief rewev of the project border crossing equiping with the gamma monitoring system is given. Some reasons for introducing radiological control, organization control and characteristics of the equipment are described. Radiological control is important component of radiation rotection of our country environment.

Literatura

1. Izveštaj o predlogu kontrole ilegalnog prometa radioaktivnih materija preko državne granice, Institut bezbednosti, 1989.g.
2. Zaključci sa 25. sednice SIV-a, SIV, 1989.g.
3. G.f. Knoll, Radiation Detection and Measurment, John Wiley & Sons, 1979.g.

OPTIMIZACIJA ZAŠTITE OD NISKIH DOZA AGENASA IZ OKOLINE KOJI UZROKUJU KRONIČNA OŠTEĆENJA ZDRAVLJA

Vekić B., Dvornik I.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

Sažetak: Zaštita od različitih agenasa iz okoline koji uzrokuju kronična oštećenja zdravlja uključujući i kancerozna oboljenja i mutacije, biti će optimalan, ako se primijeni princip ALARA i druge metode optimizacije zaštite (kao što je načinjeno pri optimizaciji zaštite od zračenja). Usvajanjem ovih principa ukupna šteta bi se svela na minimum. Iskutira se prihvatljivost koncepta "ukupnog rizika" u optimizaciji zaštite zdravlja, kao i procjena društva o metodama zaštite u svrhu edukacije stanovništva.

UVOD

Ljudska bića su stalno izložena djelovanju niskih doza različitih agenasa iz okoline koji uzrokuju kronična oštećenja zdravlja, uključujući i kancerozna oboljenja i različite mutacije. U zraku svih gradova i u našim domovima ovi agensi su npr. SO_2, NO_x, CO, produkti nepotpunog izgaranja, prašina od asfalta i automobilskih guma, radon, dim od cigareta, olovo, kadmij, buka itd. Zajedno s hranom i vodom u organizam unosimo i potencijalno štetne agense zbog konstantne prisutnosti različitih aditiva, tragova pesticida, radionuklida ili produkata pirolize. Najvećem riziku među stanovništvom izloženi su industrijski radnici i ljudi koji žive u gradovima.

Zaštita našeg zdravlja, kako sada tako i u budućnosti (uključujući ovdje i zaštitu okoline) postaje tako hitan i neodgodiv zadatak.

Ograničena sredstva i kompleksnost problema zahtijevaju novi kvalitet racionalnog pristupa koji bi se mogao postići primjenom principa i postupaka usvojenih i razvijenih u procesu optimizacije zaštite od zračenja (princip ALARA, kvantifikacija i karakterizacija rizika, analiza odnosa šteta-korist odnosno gubitak-dobitak /engl. "cost-benefit"/, sprečavanje izlaganja i smanjivanje kolektivne doze zaštitnim mjerama posebno orijentiranim prema pojedinom izvoru rizika, ograničavanjem individualnih doza)[1,2]. Ovakav pristup usvojili su mnogi istaknuti stručnjaci zaštite od zračenja[3-9]. Realistična i potpuna procjena značaja pojedinog izvora rizika za politiku zaštite, kao i procjena mogućnosti zaštite koja se odnosi na taj specifični rizik, moguća je tek nakon usporedbe tog rizika s drugim rizicima koji su istovremeno prisutni i koji su na isti način karakterizirani. Prioritet je usporedba i zatim ograničenje rizika[5-9]. Zaštita od svih izvora rizika iz okoline biti će optimalna samo i tek onda kad je metoda optimizacije zaštite primijenjena na sve istovremeno prisutne faktore rizika, tako da rezultat bude maksimum ukupne čiste koristi. U našim ranijim radovima[1,2] ilustrirali smo neke aspekte ovog problema na primjeru iskustava poslije černobilskog akcidenta. Najvažnija lekcija koja se iz događaja mogla spoznati jest činjenica da stvarno poznavanje svih drugih

rizika može dati značajan doprinos racionalizaciji (optimizaciji) prakse zaštite od zračenja.

NEKI OD PROBLEMA I KRITERIJI ZA PRAKTIČNI PRISTUP

Praksa optimizacije zaštite ima za cilj postizanje maksimalne koristi primjenom ograničenih mogućnosti (znanje, kadrovi, materijalna sredstava) prisutnih na nacionalnom (državnom) nivou. Evidentno je, međutim, da je pravi uspjeh moguć samo onda kad su osnovni principi, propisi, podaci (pa čak i neke poduzete akcije), usaglašeni i priređeni na internacionalnom nivou, npr. kroz neke specijalizirane agencije Ujedinjenih naroda (WHO, IAEA).

Problem poznavanja odnosa doza-efekt za indukciju raka pri niskim dozama i brzinama doza karcinogenih agensa (ionizirajuće zračenje, kemikalije) opisan je u ranijim publikacijama[2]. Izgledi da se dođe do pouzdanih kvantitativnih podataka vrlo su mali, ne samo danas već i u doglednoj budućnosti[2, 6, 11]. Odnos doza-efekt koji se trenutno primjenjuje u zaštiti od zračenja određen je linearnom ekstrapolacijom iz kvantitativnih podataka dobivenih kod visokih doza, ali bez ikakvog točnijeg poznavanja odnosa doza-efekt, eventualno mogućeg praga ili čak nekakvog balansa između oštećenja i koristi od efekata vrlo niskih doza zračenja[11-14]. Za praktične primjene kvantifikacije rizika predlažemo prihvaćanje linearne ekstrapolacije faktora rizika sve do najnižih doza za sve karcinogene i mutagene agense. Posljedica ovakvog pristupa bi mogla biti vjerojatna precijenjenost rizika niskih doza, ali vjerojatno za faktor koji će biti u dovoljnoj mjeri sličan za različite karcinogene agense. Ovakav kompromis trebalo bi konsenzusom prihvatiti i na nacionalnom i na internacionalnom nivou, zajedno s listom najpouzdanijih kvantitativnih podataka o karcinogenom učinku raznih kemikalija, duhanskog dima i drugih agenasa. Istovremeno bi trebalo prihvatiti i standardizirati metode mjerenja koncentracije tih agenasa kako bi se pouzdano mogle odrediti količine njihovog unošenja u organizam.

Vrlo je složen problem kvantitativnog određivanja specifičnog rizika, a isto tako je složen i problem analize odnosa šteta-korist. Na ovom mjestu možemo samo spomenuti neka važna polazišta za rješavanje ovih poteškoća.

Nedavno je objavljen zanimljiv rad[5] o određivanju industrijskog rizika, koji može biti od pomoći tokom evaluacije rizika za stanovništvo. Tvrdi se naime da efikasnost kriterija zaštite mora biti procijenjena uspoređivanjem svih rizika u jednoj djelatnosti sa također svim rizicima u nekoj drugoj djelatnosti. Da bi takve usporedbe bile uvjerljive, moraju se zadovoljiti tri uvjeta: (1) moraju se uzeti u obzir sve vrste signifikantnih štetnih efekata; (2) neke faktore koji su zajednički svim takvim efektima treba identificirati (npr. ukupni iznos izgubljenog vremena od normalnog zdravlja, životnih aktivnosti i očekivanog trajanja života zbog posljedica nesreća ili oboljenja zbog profesionalnog obavljanja određene djelatnosti, i (3) trebaju biti upotrebljeni različiti težinski faktori za različite oblike oštećenja (zato što ista količina izgubljenog vremena

zbog različitih vrsta oštećenja zdravlja rezultira različitim iznosima štete, kako za obitelj, tako i za društvo[7b]). Rizici moraju biti odvojeno određeni za fatalne (smrtne) i nefatalne posljedice akcidenata, kao i za fatalna i nefatalna oboljenja koja nastaju zbog obavljanja neke djelatnosti, zbog djelovanje štetnih tvari iz okoline, ili zbog nekih drugih okolnosti. Posebno se naglašava važnost kvantifikacije efekta[6]. Primjer kvantitativne procjene rizika jest određivanje prosječnog skraćenja očekivanog trajanja života izazvanog efektima sa smrtnim ishodom[8]. Pokazano je da je to bolji kriterij nego sama učestalost smrtnosti[8], ali to je samo jedan dio od ukupnog rizika[5, 7b].

Za potrebe analize odnosa šteta-korist neizbježno je dati novčanu vrijednost rizika (u zaštiti od zračenja npr. vrijednost jednog čovjek-siverta kao mjera za štetnost doze[15]) i cijenu zaštite (tj. cijenu smanjenja doze ili rizika)[9, 15, 16]. Na ovakav način može se izračunati cijena spašavanja jednog ljudskog života. Takva cijena u SAD, za različite životne aktivnosti i različite zaštitne mjere, nalazi se u rasponu od 3.600 do 200.000.000 US$ po spašenom životu[9]. Unatoč nepreciznostima prisutnim u takvim procjenama, jasno je da ovakve procjene mogu biti od koristi za usmjeravanje i dodjeljivanje sredstava za razvoj i uvođenje zaštitnih mjera. Sličnu analizu trebalo bi načiniti za karcinogene i mutagene rizike koji potječu od toksičnih tvari prisutnih u okolini.

Nedavno je publiciran[17] pregled različitih karcinogenih rizika. Usporedba (načinjena s namjerom da se odgovori na pitanje da li je izlaganje ionizirajućem zračenju regulirano strožije od izlaganja kemijskim karcinogenim tvarima) se zasniva na hipotezi da čovjek ingestijom i/ili inhalacijom unosi u organizam maksimalno dopuštene doze karcinogene tvari tokom 47 godina (profesionalno izlaganje radnika), ili 70 godina (za izlaganje stanovništva). Dobiveni rezultat je i više nego apsurdan: rizik pojave fatalnog raka tokom cijelog života za profesionalno zaposleno osoblje kreće se od 9×10^{-1} do 5×10^{-7} (prosjek je 3.7×10^{-3}), a za stanovništvo rizik je od 1.6×10^{-2} do 1×10^{-10} (prosjek: 8.6×10^{-6}). Autori doduše ne objašnjavaju takve nevjerojatne opsege, no sam rad je dobar poticaj za daljnje i bolje usporedbe. S druge strane, ovaj rad[17] daje zanimljiv pregled osnova za "zanemarivi nivo rizika" ("de minimis" nivo).

IZGLEDI ZA PROVEDBU OPTIMIZACIJE

Ovaj pregled stavova i citirane literature ukazuje na opravdano očekivanje da bi čak i približni proračuni jasno pokazali neke od najvećih nelogičnosti politike i prakse (ili čak i propisa) zaštite u nekoj zemlji. Isplatila bi se i djelomične obrada ovog problema.

Ovdje je neobično važno istaknuti slijedeće: o ciljevima projekta i rada na optimizaciji zaštite zdravlja i zaštite okoline, kao što je ovdje opisano, trebalo bi čim prije upoznati nadležne i odgovorne organe vlasti i stanovništvo (pokrete za zaštitu okoline), kako bi se ostvarilo uzajamno razumijevanje, suradnja profesionalaca i službenih organa, pa i politička podrška za istraživački rad i

primjenu rezultata u društvenoj praksi. Društva za zaštitu od zračenja, kao dobro organizirani i kompetentni dio društva, mogla bi pomoći u iniciranju takvih projekata i u provođenju nezavisnih i trajnih interdisciplinarnih aktivnosti u cilju optimizirane zaštite od svih rizika.

Svaki dobro dokumentirani objavljeni rad potaknuti će kako nacionalna tako i internacionalna nastojanja da se ostvari ili nastavi suradnja u ovom području. Paralelno uz takav profesionalni rad, treba sakupljati rezultate koji se budu dobivali razvojem metoda kvantitativne procjene i usporedbe različitih faktora rizika i dalje ih koristiti kao nezaobilazan dio edukacije stanovništva. U nas je najvažnije da se prati, analizira i primijeni rezultate naprednijih zemalja.

Abstract: Protection against environmental agents producing chronic health detriment, including cancer or mutations will be optimized if the ALARA principle and other methods of protection optimization (as developed for the optimization of radiation protection) are applied to obtain the minimum of total detriment The "total risk" approach to optimization of the health protection as well as the society s valuation of protective methods is discussed in light of education of the public

LITERATURA

1. Dvornik, I., Vekić, B., Proc. XIVth Regional Congress of IRPA, Kupari (1987), Eds P. Marković, Đ. Horvat and S. Marković, Beograd (1988) p. 475-480
2. Dvornik, I., Vekić, B., Proc IInd Yugoslav-Italian Symposium on Radiation Protection, Udine (1988), Rome (1989) p. 15-18
3. Ilari, O., in Optimization of Radiation Protection, Proc of the Symposium, STI/PUB/716 (Vienna: IAEA) (1986) p. 3-16
4. Paretzke, H. G., Health Phys., **55** (1988) 139-143
5. Pochin, E. E., ibid, 351-356
6. McClellan, R. O., ibid, 279-293
7. (a) Sinclair, W. K., ibid, 149-157; (b) Vallario, E. J., ibid, 386-389
8. Cohen, B. L., Health Phys., **36** (1979) 707-722
9. Cohen, B. L., Health Phys., **38** (1980) 33-51
10. Rossi, H. H., Zaider, M., Health Phys., **55** (1988) 257-263
11. Coggle, J. E., Radiat. Prot. Dosim., **30** (1990) 5-12
12. Mettler, F. A., et al. Health Phys. **58** (1990) 241-250
13. WHO Regional Office for Europe, Technical Report, J. Environ. Radioactivity, **10** (1989) 257-295
14. Cohen, J. J., Smith, C. F., Radiation Protection - Selected Topics; Proc 30th Anniversary Symp. on Radiation Protection, Dubrovnik (1989), Eds M. M. Ninković, R. S. Pavlović, J. J. Raičević, Beograd (1989) p. 122-130
15. Lombard, J., same as (3), pp. 499-518
16. Webb, G. A. M., Fleishman, A. B., ibid, pp.487-498
17. Travis, C. C., Richter Pack, S., Hattemer-Frey, H. A., Health Phys., **56** (1989) 527-531

REZULTATI INTERKOMPARACIJE DOZIMETARA ČVRSTOG STANJA TOKOM RUTINSKOG PROGRAMA MONITORINGA OKOLINE

Vekić B.,* Ranogajec-Komor M.,* Dvornik I.,* Piesch E.,** Burgkhardt B.,** Szabo P. P.***

*Institut "Ruđer Bošković", Zagreb
**Karlsruhe Nuclear Research Centre, Karlsruhe, Fed. Rep. of Germany
***Central Research Institute for Physics, Budapest, Hungary

Sažetak: Tri laboratorija u različitim zemljama načinili su, u sklopu rutinskih programa monitoringa okoline, studiju interkomparacije termoluminescentnih i fosfat-staklenih dozimetara. Prikazani su rezultati mjerenja doza u okolini tokom dva uzastopna perioda monitoringa. Rezultati su dobiveni pomoću 6 vrsta dozimetara izloženih na 9 lokacija.

UVOD

Zabrinutost stanovništva za kvalitetu okoline, uključujući tu i doprinos čovjeka povišenju doza u okolini, potaknuo nas je da, pomoću dozimetara čvrstog stanja, nastavimo sakupljati dobro dokumentirane podatke o dozama zračenja u okolini. U nastojanju da dostignemo visoke međunarodne standarde za primjenu dozimetara čvrstog stanja u programima rutinskog monitoringa okoline, interkomparacije postaju neophodne. Naime, zahtjevi koji se postavljaju za dozimetrijske sisteme kojima bi se mjerili, od strane čovjeka uzrokovani doprinosi dozama, a u prisustvu i do desetak puta viših prirodnih doza, vrlo su visoki. Tim više jer se mjerenje obavljaju pod vrlo nepovoljnim uvjetima i utjecajima u okolini, počevši od utjecaja UV svjetla sa sunca, vlage, kiše, temperature, pa sve do ponekad vrlo kratkih perioda monitoringa. Nažalost, u Jugoslaviji ne postoji standardizacija termoluminescentnih dozimetrijskih sistema i metoda, nije ostvarena nijedna organizirana interkomparacija između laboratorija koji koriste TLD, ni u ličnoj dozimetriji, ni u monitoringu okoline, niti za potrebe kliničke dozimetrije.

Na međunarodnom nivou, međutim, interkomparacije dozimetara za mjerenje doza u okolini vrlo su česte[1-5]. Cilj ove međunarodne interkomparacije bio je da se optimizira postupak očitavanja dozimetrijskih sistema koji su bili korišteni u sva tri laboratorija, za što je primijenjen standardni laboratorijski test program[6], da se usporede i poboljšaju laboratorijske kalibracije, da se sistematski, a u sklopu rutinskog programa monitoringa okoline, mjere doze u okolini, da se usporede rezultati različitih dozimetrijskih sistema na istoj lokaciji, da se odredi fading dozimetara i da se rezultati korigiraju za iznose nacionalnih i međunarodnih transportnih doza.

POSTUPAK INTERKOMPARACIJE

U svim dosad opisanim međunarodnim interkomparacijama uvijek je postojao jedan laboratorij odgovoran za cjelokupnu organizaciju ozračivanja u laboratoriju i na lokacijama, kao i za mjerenje i obradu rezultata. U našoj interkomparaciji izmjena dozimetara između laboratorija načinjena je tako da je svaki laboratorij pripremao vlastite dozimetre i slao ih

ostalim učesnicima, primao dozimetre od ostalih učesnika i distribuirao ih u vlastitoj zemlji na lokacije koje su bile uključene u programe rutinskog monitoringa. Prema tome, svaki učesnik je istovremeno i distribuirao i očitavao dozimetre, što znači da se morao brinuti i za transportne (domaće i međunarodne), i za kontrolne, i za dozimetre za određivanje fadinga, za vlastite laboratorijske kalibracije, te za štitove koji u zadovoljavajućem iznosu snizuju nivoe prirodnog zračenja. Detaljan opis svih postupaka interkomparacije dat je u našim ranijim publikacijama[5].

MATERIJAL I METODE

Svaki laboratorij - učesnik samostalno je izabrao odgovarajući dozimetrijski sistem za interkomparaciju. Bili su to termoluminescentni dozimetri visoke osjetljivosti, kao CaF_2:Mn (proizvod Instituta "Jožef Stefan" iz Ljubljane) i $CaSO_4$:Dy (tzv. "bulb" dozimetri, rješenje Centralnog instituta za fizička istraživanja iz Budimpešte)[7], zatim LiF:Mg,Ti (LiF-1, proizvod Instituta za nuklearnu fiziku iz Krakowa), TLD-700 (^{7}LiF:Mg,Ti, proizvod firme Harshaw), te najnoviji fosfat-stakleni dozimetri (PLD, proizvod firme Toshiba) za čiju se ekscitaciju i očitavanje koristi pulsni UV laser[8]. Dio TLD-700 dozimetara očitavan je u čitaču tipa TOLEDO (LiF-2), a dio na automatskom čitaču tipa ALNOR (LiF-3).

Svaki učesnik u interkomparaciji izabrao je u svojoj zemlji tri lokacije za interkomparaciju. Sve te lokacije mogu se u principu podijeliti u tri grupe: (1) lokacije na kojima se mjeri samo prirodno zračenje (YU-1, YU-2, H-3, D-2, D-3), (2) lokacije u blizini nuklearnih postrojenja ili akceleratora (Yu-3, H-1, H-2), te (3) jedna lokacija (D-1) u blizini kalibracijskih uređaja, na mjestu gdje je nivo zračenja povišen. Detaljni podaci o upotrebljenim dozimetrijskim sistemima i o lokacijama nalaze se također u našim ranijim publikacijama[5].

REZULTATI I DISKUSIJA

Tokom ove interkomparacije dozimetri su na svim lokacijama izlagani 5 puta. Prvi period izlaganja trajao je oko 100 dana. Međutim, zbog dugotrajnog međunarodnog transporta (oko 40 dana), omjer doze zračenja za period izlaganja na lokaciji i doze tokom cijelog perioda od pripreme dozimetara pa do njihovog očitavanja bio je prenizak (0.67). Zbog toga standardna devijacija (SD) doza mjerenih pomoću različitih sisstema nije bila zadovoljavajuća. Tokom slijedeće 4 interkomparacije produženo je vrijeme izlaganja na lokacijama na oko 200 dana, čime se gornji omjer poboljšao na oko zadovoljavajućih 0.80.

Rezultati mjerenja doza zračenja tokom drugog i trećeg perioda izlaganja na svih 9 lokacija u tri različite zemlje, pomoću 6 dozimetrijskih sistema, prikazani su u tablici 1. Svi rezultati su korigirani za sve iznose transportnih doza. Internacionalne transportne doze bile su oko 0.05 mSv, što odgovara iznosima prirodnih doza za period od oko 40 dana, koliko je trebalo za transport dozimetara. Brzine doza zračenja u štitovima učesnika u interkomparaciji bile su između 0.5 i 0.8 μSv po danu. Fading je, za period izlaganja od 200 dana, pod različitim uvjetima na lokacijama, bio između 0 i 10% za različite dozimetrijske sisteme i nije uključen u korekcije rezultata. Najniža doza koju je moguće detektirati, definirana kao trostruka standardna devijacija neozračenih detektora, bila je između 4 μSv i 40 μSv.

Izmjerene doze zračenja na osam lokacija odgovaraju normalnim nivoima prirodnog zračenja. Srednje vrijednosti izmjerenih doza pomoću svih vrsta dozimetara ne pokazuju utjecaj godišnjeg doba na nivo prirodnog zračenja, osim eventualno na jedinoj lokaciji na obali

Tablica 1. Rezultati mjerenja doza (H_F) u mSv za drugi i treći period izlaganja, korigirani za iznose transportnih doza i normalizirani na period izlaganja od 200 dana

Kod	Period	LiF-1	LiF-2	LiF-3	CaF_2	$CaSO_4$	PLD	$H_F \pm SD$
YU-1	2	0.52	0.39	0.44	0.34	0.34	0.40	0.41 ± 15%
	3	0.36	0.30	0.31	0.30	0.31	0.30	0.31 ± 7%
YU-2	2	0.51	0.58	0.67	0.54	0.51	0.56	0.56 ± 10%
	3	0.60	0.60	0.61	0.55	0.53	0.55	0.57 ± 6%
H-3	2	–	0.37	0.43	–	0.45	0.36	0.40 ± 10%
	3	0.49	0.40	0.42	0.42	0.44	0.41	0.43 ± 7%
D-2	2	0.29	0.38	0.45	0.43	–	0.41	0.39 ± 14%
	3	0.42	0.40	0.40	0.42	0.42	0.42	0.41 ± 2%
D-3	2	0.60	0.52	0.61	0.52	–	0.53	0.56 ± 7%
	3	0.58	0.55	0.57	0.54	0.55	0.58	0.56 ± 3%
YU-3	2	0.45	0.44	0.58	0.42	0.44	0.45	0.46 ± 12%
	3	0.45	0.48	0.50	0.43	0.43	0.48	0.46 ± 6%
H-1	2	–	0.33	0.39	–	0.41	0.30	0.36 ± 12%
	3	0.33	0.38	0.38	0.36	0.37	0.36	0.36 ± 5%
H-2	2	–	0.30	0.32	0.40	0.36	0.28	0.33 ± 13%
	3	0.29	0.33	0.32	0.33	0.36	0.33	0.33 ± 7%
$H_F \pm SD$	2	0.47 ± 22%	0.41 ± 22%	0.49 ± 23%	0.44 ± 16%	0.42 ± 14%	0.41 ± 23%	0.44 ± 7%
	3	0.44 ± 26%	0.43 ± 24%	0.44 ± 25%	0.42 ± 21%	0.43 ± 19%	0.43 ± 24%	0.43 ± 2%
D-1	2	1.97	1.85	2.16	2.10		1.70	1.96 ± 9%
	3	1.61	1.39	1.45	1.39	1.28	1.34	1.41 ± 8%

mora (YU-1). Zahvaljujući iskustvu sakupljenom tokom prvog perioda izlaganja, slaganje doza zračenja izmjerenih pomoću različitih dozimetrijskih sistema tokom slijedećih perioda izlaganja značajno se poboljšalo. Dok je standardna devijacija u drugom periodu bila između 5% i 15% za sve sisteme, u trećem periodu izlaganja ove vrijednosti su bile između 2% i 8%.

Na svim ovim lokacijama izmjerene su i brzine doza zračenja. Za tu svrhu korišten je pouzdano kalibrirani instrument (tip H7907-1, proizvođač Halle, SR Njemačka) za mjerenje niskih brzina doza. Tako izmjerene brzine doza (u μSv po satu) preračunate su na 200 dana i u tablici 2. uspoređene sa srednjim vrijednostima koje su izmjerene tokom 2. i 3. vremena izlaganja pomoću svih vrsta dozimetara. Imajući u vidu da TL dozimetri mjere integriranu dozu zračenja tokom perioda od oko 6 mjeseci, u što su uključene sve promjene prirodnih doza zračenja, može se zaključiti da je slaganje ovako izmjerenih vrijednosti posve zadovoljavajuće.

Na kraju treba istaknuti da svi rezultati prikazani u tablicama 1. i 2. pokazuju da sve u ovoj interkomparaciji upotrebljene vrste dozimetara zadovoljavaju zahtjeve za monitoring zračenja u okolini.

Tablica 2. Usporedba srednjih vrijednosti doza izmjerenih na lokacijama tokom drugog i trećeg perioda izlaganja pomoću TLD s dozama izmjerenim pomoću pouzdano kalibriranog mjerača niskih brzina doza

Kod lokacije	Srednja vrijednost svih doza iz 2. i 3. perioda izlaganja D_{TLD}	Doze izmjerene pomoću mjerača brzine doza D_{MBD}	D_{TLD}/D_{MBD}
YU-1	0.36	0.31	1.16
YU-2	0.565	0.51	1.11
H-3	0.415	0.42	0.99
D-2	0.40	0.46	0.87
D-3	0.56	0.56	1.00
YU-3	0.46	0.44	1.05
H-1	0.36	0.42	0.86
H-2	0.33	0.36	0.92
			1.00±0.11

Summary: Three laboratories in different countries performed an intercomparison study within their routine environmental monitoring programs using various thermolumenescent and phosphate glass dosemeters. The performance of such an international environmental monitoring program comprises several steps The results of field measurements are shown for two monitoring periods obtained with 6 types of solid state dosemeters exposed at nine locations

LITERATURA

1. Gesell, T. F., Kalbeitzer, F., de Planque, G., Radiat. Prot. Dosim., **6** (1984) 265.
2. McKinlay, A. F., Commission of the European Communities, EUR **10330** (1985).
3. Čarny, P., Moravek, J., Baček, D., Lieskocskz, M. Štrba, J., Radiat. Prot. Dosim., **27** (1989) 115.
4. Piesch, E., Burgkhardt, B., Commission of the European Communities, EUR **8932** (1984).
5. Ranogajec-Komor, M., Vekić, B., Piesch, E., Burgkhardt, B., Szabo, P. P.,in Radiation Protection - Selected Topics. Proc. 30th Anniversary Symp. of Radiation Protection in the Boris Kidrič Institute of NuclearSciencies, Dubrovnik (1989), Eds. M. M. Ninković, R. S. Pavlović, J. J. Raičević, Beograd (1989) p. 385.
6. Ranogajec-Komor, M., Vekić, B., Korenika, Dž., Dvornik, I., Piesch, E., Burgkhardt, B., Proc. 2nd Yugoslav Italian Symp. on Radiation Protection, Udine (1988), Rome (1989) p. 501.
7. Szabo, P. P., Feher, I., Deme, I., Vagvolgyi, J., Radiat. Prot. Dosim., **17** (1986) 379.
8. Piesch, E., Burgkhardt, B., Vilgis, M., Omori, T., Ikegami, M., Proc. 7th IRPA Congress, Sydney (1988) Vol. 1, p. 433.

XVI Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja
Neum, 28-31 maj 1991.

Dragan Vujasinović[+], Milan Orlić[+], Vujo Drndarević[++], Dragutin Fortuna[+++]

[+]Vojnotehnički institut, Beograd, Katanićeva 15
[++]Institut "Boris Kidrič", Vinča
[+++]Školski centar ABHO, Kruševac

VERIFIKACIJA MERNE METODE USAVRŠENE RADIOMETRIJSKE LABORATORIJE LR-M2 U

ABSTRACT

Prezentirani su rezultati verifikacije merne metode usavršene radiometrijske laboratorije LR-M2 U (IBK,1991). Verifikacija je ostvarena određivanjem faktora F za aluminijumske apsorbere različiih masenih debljina i ispitivanjem vrednosti masenih apsorpcionih koeficijenata za monokomponentno i kontinualno beta zračenje.

UVOD

Usavršena radiometrijska laboratorija LR-M2 U omogućava merenje masene beta aktivnosti uzoraka hrane kontaminirane fisionom smešom.[1] U laboratoriji je zadržana apsolutna metoda merenja masene beta aktivnosti uzoraka aluminijumskim apsorberima koja se primenjuje i u staroj radiometrijskoj laboratoriji LR-M2.[2-4] Proračun masene aktivnosti sadržane u debeloslojnom uzorku vrši se pomoć formule

$$A_m = N \cdot F , \qquad [Bq/kg] \text{ ili } [Bq/l] \qquad (1)$$

gde je: N - brzina brojanja uzorka u [imp/s];
F - kalibracioni faktor u [$Bq/kg \cdot s^{-1}$].

Faktor F uključuje sve korekcije potrebne da se brzina brojanja iz [imp/s] prevede u [Bq/kg]. Poznavanje tačne vrednosti faktora F je najvažnije za primenu ove metode. U ovom radu prikazaće se rezultati verifikacije primenjene merne metode (detaljno opisana u [3-4]). Verifikacija je sprovedena proverom opravdanosti pretpostavke o konstantnoj vrednosti masenog apsorpcionog koeficijenta za beta zračenje, na kojoj se i bazira primenjena metoda, i određivanjem vrednosti faktora F za korišćeni merni uređaj LR-M2 U.

REZULTATI MERENJA

U cilju verifikacije merne metode korišćeni su uzorci kontaminirani sa ^{60}Co, ^{90}Sr, ^{137}Cs i $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.

Rezultati provere kalibracionog faktora F dati su u tabeli 1, gde je:

F_{izm} - izmerena vrednost kalibracionog faktora u [Bq/kg·s^{-1}];

d_m - masena debljina aluminijumskog apsorbera u [mg/cm^2];

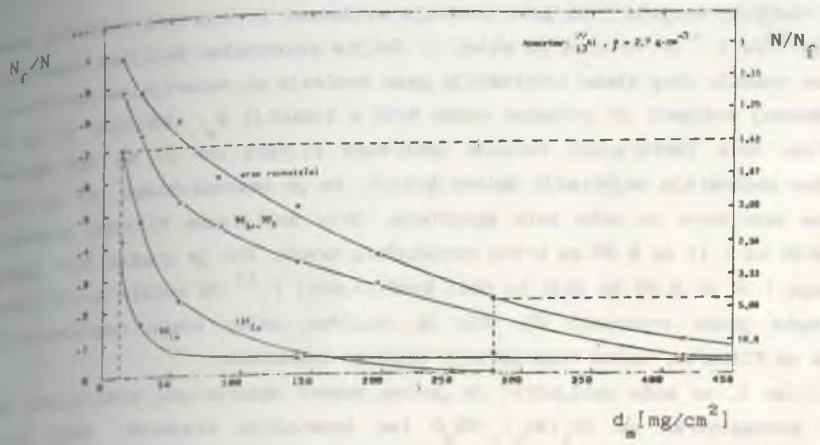
N_{fl} - broj impulsa izmeren upotrebom aluminijumskog apsorbera masene debljine d_m u [s^{-1}];

F_{tabl} - literaturne vrednosti kalibracionog faktora u [Bq/kg·s^{-1}].

Tabela 1. Provera kalibracionog faktora F

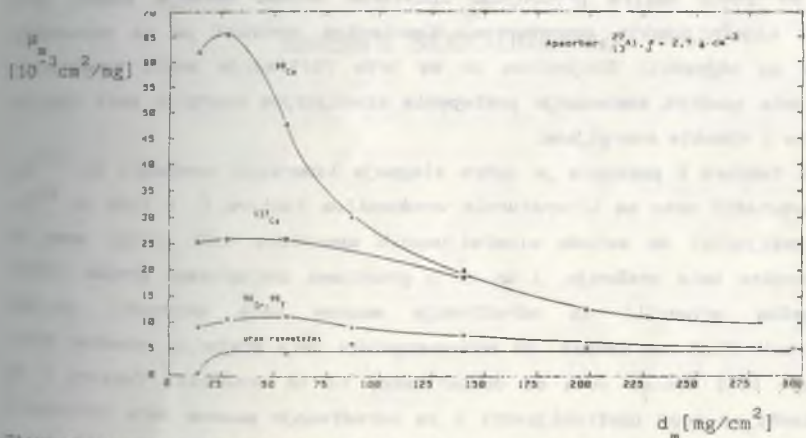
IZOTOP	^{60}Co	^{90}Sr-^{90}Y	^{137}Cs	uzorak kontaminiran sa $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	
E^{β}_{max} [MeV]	0.318(99.7%) 1.48 (0.12%) 0.67 (0.18%)	0.546(50%) 2.283(50%)	0.511(94%) 1.176(6%)		
E^{γ}_{max} [MeV]	1.173(100%) 1.332(100%)	/	0.662(85%)		
A_s [kBq/kg]	520±23	195±14	550±24	320±18	150±12
N ± σ [s^{-1}]	56.7±0.8	145.7±1.2	167.7±1.3	616.3±2.5	285.4±1.7
F_{izm} [Bq/kg·s^{-1}]	17099	1338	3280	519	580
d_m^{Al} [mg/cm^2]	14.8	28 56.8	14.8 28.0	56.0 140.0	56.0 140.0
N_{fl} [s^{-1}]	24.0	107.4 77.8	117.7 80.6	478.2 311.4	213.7 141.3
N/N_{fl}	2.36	1.34 1.88	1.43 2.08	1.29 1.98	1.34 2.02
F_{tabl} [Bq/kgs^{-1}]	8419	1281 1364	3078 3458	537 596	616 596
F_{izm}/F_t	2.03	1.05 0.98	1.07 0.95	0.97 0.87	0.94 1.02

Na slici 1. prikazane su dobijene krive koje ilustruju promene odnosa brzine brojanja sa i bez apsorbera u funkciji masene debljine aluminijumskih apsorbera korišćenih u LR-M2 U.



Slika 1. Promena odnosa brzine brojanja sa i bez aluminijumskih apsorbera u funkciji dm.

Na slici 2. prikazani su maseni apsorpcioni koeficijenti za korišćene aluminijumske apsorbere iz sastava LR-M2 U.



Slika 2. Maseni apsorpcioni koeficijent za apsorbere iz sastava LR-M2 U

DISKUSIJA

Proučavanjem krivih slabljenja $N/N_0 = f(d_m)$ vidi se da se proces apsorpcije, naročito mekog beta zračenja u aluminijumu, odvija brzo čak i pri vrlo malim debljinama apsorbera. Krive sa slike 1. pokazuju najveći nagib u opsegu debljine aluminijumskih apsorbera izmedu 10 mg/cm^2 i 300 mg/cm^2. U tom pogledu karakteristična je kriva ^{60}Co čija beta komponenta 0.318 MeV biva brzo uklonjena iz spektra. Domet beta zračenja ^{60}Co u aluminijumu je oko 70 mg/cm^2 te uzimajući u obzir sloj vazduha i debljinu prozora detektora, apsorber br.3 masene debljine 560 mg/cm^2 apsorbuje praktično svo beta zračenje ^{60}Co. Zbog

osetljivosti GM brojača i na gama zračenje evidentan je doprinos pratećeg gama zračenja ^{60}Co i ^{90}Sr krivama na slici 1. Daljim povećanjem debljine apsorbera krive ne opadaju zbog slabe interakcije gama zračenja sa materijalom apsorbera.

Na desnoj ordinati je prikazan odnos N/Nf u funkciji d_m. Uočljivo je da se za većinu beta (beta-gama) emitera upotrebom filtera od 10 do 300 mg/cm^2 praktično obuhvataju najstrmiji delovi krivih, te je nesvrsishodno ići na veće debljine apsorbera za meke beta apsorbere. Ovim debljinama filtera odgovara odnos N/Nf od 1.11 do 4.80 za krivu ravnotežnog urana, što je znatno širi opseg od opsega 1.30 do 2.65 za koji su dati koeficijenti F.[1] Za ostale krive odnos N/Nf raste preko vrednosti 10, što je rezultat malog broja registrovanih impulsa sa filterom, usled čega merenje postaje nepouzdano.

Sa slike 2. se može zaključiti da jedino maseni apsorpcioni koeficijent za uzorak kontaminiran sa $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ima konstantnu vrednost. Meko beta zračenje ^{60}Co se brzo apsorbuje čak i u malim debljinama apsorbera, zbog čega μ_m opada brzo. Beta zračenje ^{137}Cs i ^{90}Sr nije meko, usled čega krive nemaju tako strmi pad kao kriva ^{60}Co. Na osnovu oblika krivih sa slike 2. može se zaključiti da vrednost μ_m za monoenergetske beta emitere nije strogo konstantan, na čemu se inače bazira primenjena apsolutna metoda merenja masene beta aktivnosti aluminijumskim apsorberima. Konstantna vrednost μ_m za ravnotežni uran može se objasniti činjenicom da se brža filtracija mekih komponenata složenog beta spektra kompenzuje postepenim slabljenjem energije beta čestica sa srednjim i visokim energijama.

Provera faktora F pokazala je dobro slaganje izmerenih vrednosti za ^{137}Cs, ^{90}Sr i ravnotežni uran sa literaturnim vrednostima faktora F, a loše za ^{60}Co. Može se zaključiti da metoda aluminijumskih apsorbera važi strogo samo za višekomponentno beta zračenje, i da se u granicama deklarisane greške (±40%) može uspešno primeniti za određivanje masene beta akivnosti uzoraka kontaminiranih fisionom smešom. Za monoenergetsko beta zračenje. posebno meko, greška može biti znatno veća od deklarisane, te se vrednosti faktora F za fisionu smešu ne mogu upotrebljavati i za određivanje masene beta aktivnosti monoenergetskih beta emitera. Ukoliko se ova metoda želi primeniti i za određivanje pojedinačne masene beta aktivnosti ovih emitera, potrebno je za svaki emiter posebno odrediti vrednosti kalibracionog faktora F.

LITERATURA

1) Uputstvo za rad sa LR-M2 U, IBK, 1991.

2) Pravilo za rad sa radiometrijskom laboratorijom LR-M2, SSNO, Beograd, 1972

3) Šmelcerović M., Merenje specifične aktivnosti materijala kontaminiranih fisionim produktima metodom debeloslojnog uzorka, IBK-1350, 1975

4) Vujasinović D., Analiza metoda određivanja starosti fisionih produkata VTI, 1990

Sekcija 5. BIODOZIMETRIJA

ODNOS UČESTALOSTI MIKRONUKLEUSA I SPECIFIČNIH KROMOSOMSKIH ABERACIJA U LJUDSKIM LIMFOCITIMA IZLOŽENIH MIKROVALNOM ZRAČENJU IN VITRO

V.Garaj-Vrhovac, Đ.Horvat, Z.Koren
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak Kultura ljudskih limfocita izlagana je kontinuiranim valovima frekvencije 7,7 GHz, gustoće snage od 0,5 mW/cm², 10 mW/cm², 30 mW/cm² u trajanju od 15, 30 i 60 minuta.

Praćena je ukupna učestalost strukturnih oštećenja kromosoma, odnosno korelacija specifičnih kromosomskih aberacija i incidencija mikronukleusa u in vitro izloženosti mikrovalnom zračenju. Rezultati studije upućuju na to da ovaj tip zračenja može uzrokovati promjene u genomu somatskh stanica, te djelovati na indukciju oštećenja kromosoma i diobenog vretena.

Uvod

Kromosomska oštećenja su posljednjih 20 godina poznati test i dobar pokazatelj promjena u genomu stanica i dovode se u vezu s mutagenim i kancerogenim rizikom kao rezultat ekspozicije pojedinim agensima. Jednostavnija metoda a jednako osjetljiva kao test kromosomskih oštećenja je mikronukleus tehnika. Ona daje vrijedne podatke za različite tipove aberacija koje mogu biti inducirane u in vivo i u in vitro uvjetima izlaganja mutagenu (1,2).

Prema načinu djelovanja agensa mikronukleusi se formiraju oštećenjem diobenog vretena ili kondenzacijom acentričnih fragmenata i centričnih kromosoma što može biti razlikovano aplikaciijom antikinetohor-antitijela (3,4).

Jedan od poznatih mutagena koji uzrokuje promjene na razini sinteze DNA molekule i njene strukture, a posljedice čega se manifestiraju kao kromosomske aberacije i druga citološka oštećenja, je mikrovalno zračenje (5,6).

Ovakva studija ima za cilj razjašnjavanje porijekla mikronukleusa s obzirom na specifične kromosomske aberacije (acentrične fragmente i dicentrične kromosome), te detekciju genotoksičnog učinka mikrovalnog zračenja analizom strukturnih aberacija kromosoma i incidencijom mikronukleusa.

Materijal i metoda rada

Kao eksperimentalni materijal korištena je in vitro kultura ljudskih limfocita zdravih osoba, nepušača, koje su bile u posljednje vrijeme bez dijagnostičke i profesionalne izloženosti ionizirajućem ili neionizirajućem zračenju. Puna krv ispitanika izlagana je elektromagnetskom zračenju u kontroliranim eksperimentalnim uvjetima, primjenom

izvora reflex klystrona, frekvencije 7,7 GHz uz promjenu gustoće snage (0,5 mW/cm², 10 mW/cm², 30 mW/cm²) i vremena izloženosti od 10, 30 i 60 minuta.

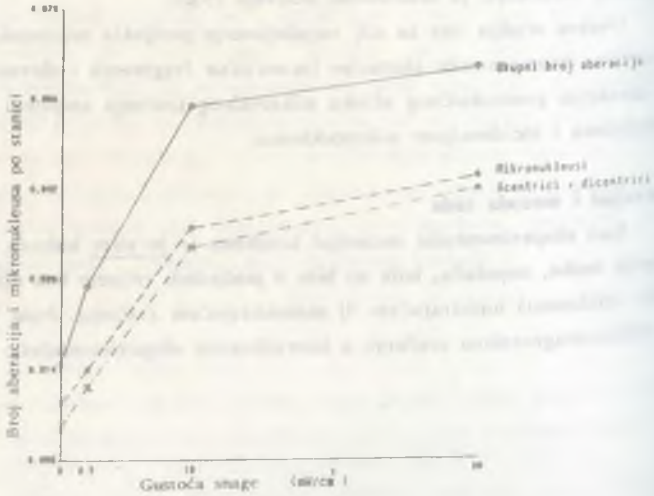
Analiza strukturnih aberacija kromosoma obavljena je na 48-satnim kulturama, koje su posljednja tri sata inkubirane u prisutnosti kolhicina. Dalje slijedi fiksacije stanica i preparacija kromosoma prema poznatoj konvencionalnoj metodi (7). U svakom pokusu analizirano je 200 metafaza. Oštećenja kromosoma su klasificirana kao acentrični fragmenti, dicentrični i prstenasti kromosomi, kromatidni i kromosomski lomovi. Rezultati su prikazani kao broj pojedinačnih aberacija po stanici.

Za dobivanje preparata mikronukleusa prema adaptiranoj metodi Fenech and Morley dodavan je citohalazin B u koncentraciji od 3 µg/ml poslije 44 sata kultivacije limfocita (8). Rezultati mikronukleus testa prikazani su kao broj mikronukleusa po stanici.

Rezultati i diskusija

Podaci dobiveni praćenjem strukturnih oštećenja kromosoma i mikronukleus testa u kulturi ljudskih limfocita nakon in vitro izloženosti mikrovalnom zračenju prikazani su na Tablici 1.

U kontrolnim uzorcima postotak mikronukleusa i kromosomskih aberacija je vrlo nizak u odnosu na tretirani celularni materijal. U ozračivanim skupinama, u ovisnosti o promjeni gustoće snage i vremena izloženosti, uočljiv je porast kromosomskih tipova oštećenja kao i veći broj stanica sa mikronukleusom. Osim kromosomskih lomova većinu oštećenja čine acentrični fragmenti, dicentrični i prstenasti kromosomi, što je praćeno i većim brojem mikronukleusa u stanicama. Dobivene vrijednosti prikazane na Grafikonu 1 pokazuju da postoji korelacija mikronukleusa i specifičnih kromosomskih aberacija izraženih kao broj acentričnih fragmenata i dicentričnih kromosoma.



Grafikon 1. Korelacija ukupnih aberacija kromosoma, mikronukleusa i specifičnih kromosomskih aberacija po stanici u kulturi ljudskih limfocita izloženih mikrovalnom zračenju in vitro

Tablica 1. **Strukturne aberacije kromosoma i učestalost mikronukleusa u ljudskim limfocitima in vitro izloženim mikrovalnom zračenju**

Gustoća snage mW/cm²	Vrijeme minute	Broj mikronukleusa po stanici	BROJ ABERACIJA PO STANICI					%
			Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Bicentrik	Ring	Aberacija
0,5	30	0,014	0,011	0,005	0,011			2,7
10	30	0,036	0,006	0,016	0,031	0,002		5,5
30	10	0,040	0,012		0,037			4,9
	30	0,044		0,019	0,036	0,006		6,1
	60	0,068	0,006	0,018	0,032	0,008	0,008	7,0
Kontrola		0,009	0,005	0,005	0,005			1,5

Ovisno o povećanju gustoće snage mikrovalnog zračenja povećan je broj ukupnih aberacija kromosoma po stanici, mikronukleusa po stanici, te acentričnih fragmenata i dicentričnih kromosoma. Ove specifične kromosomske aberacije su predominantni tip aberacija unutar ukupnog broja kromosomskih oštećenja u kojem su uključeni kromatidni i kromosomski lomovi. To ukazuje na razliku u nastanku mikronukleusa, što znači da može biti induciran agensima koji direktno oštećuju kromosom ili diobena vretena (3).

Ovakva studija doprinosi razjašnjavanju porijekla mikronukleusa s obzirom na specifične kromosomske aberacije (acentrične fragmente i dicentrične kromosome), te ukazuje da analiza strukturnih aberacija kromosoma i učestalosti mikronukleusa mogu biti netode za detekciju mutagenog učinka mikrovalnog zračenja.

Literatura

1. Channarayppa J. Nath and Org T. Micronuclei Assay in Cytokinesis Blocked Binucleated and Conventional Mononucleated Methods in Human Peripheral Lymphocytes. Teratog. Carcin. Mutag. 10, 273-279 (1990).
2. Schmid W. The micronucleus test. Mut. Res. 31, 9-15 (1975).
3. Sternes K.L. and Vig G.K. Micronuclei, kinetochores and hypoploidy test with some agents. Mutagenesis 4, 425-431 (1989).
4. Hogsted B. and Karlsson A. The size of micronuclei in human lymphocytes varies according to inducing agent used. Mut. Res. 156, 229-232 (1985).
5. Yao K.T.S. Cytogenetic consequence of microwave incubation of mammalian cells in culture, Genetics 83, 84 (1976).
6. Garaj-Vrhovac V., Horvat Đ., and Koren Z. The effect of microwave radiation, Mut. Res. 243, 87-93 (1990).
7. IAEA Biological dosimetry. Chromosome aberration analysis for dose assessment. Technical Reports, Series No 260, 59-63 (1986).
8. Fenech M. and Morley A.A. Measurement of micronuclei in lymphocytes. Mut. Res. 147, 29-36 (1985).

Abstract

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE FREQUENCY OF MICRONUCLEI AND SPECIFIC CHROMOSOME ABERRATIONS IN HUMAN LYMPHOCYTE EXPOSED TO MICROWAVE RADIATION IN VITRO

Human lymphocytes culture was exposed to continuous microwave radiation frequency 7.7 GHz, power density 0.5 mW/cm^2, 10 mW/cm^2, 30 mW/cm^2, during 15, 30 and 60 minutes.

The total of structure chromosome aberrations as well as the correlation between the frequency of specific chromosome aberrations and the incidency of micronuclei in in vitro exposure was encountered. The results of the study suggest that this type of exposure can induce changes in the somatic cell's genome and cause the impairments of both chromosomes and the spindle.

HROMOZOMSKE ABERACIJE U RTG TEHNICARA PROFESIONALNO IZLOZENIH X ZRACENJU

Hasanbasic D., Grgic G.*, Sofradzija A.*
Veterinarski fakultet, Zavod za radiologiju. V. Putnika 134,
*Medicinski fakultet Sarajevo, Centar za humanu genetiku BiH

REZIME

U radu su obradjeni rezultati analize strukturnih aberacija hromozoma, kod radnika profesionalno izlozenih dejstvu jonizujuceg zracenja. Dobiveni rezultati ispitivanja pokazuju procentualne razlike hromozomskih ostecenja kao i znacajnije razlike u aberacijam hromozomskog tipa u odnosu na kontrolnu grupu.

UVOD

Najveci dio zracenja koju primi populacija otpada na ozracivanje u dijagnosticke i terapijske svrhe. Upravo siroka primjena jonizujuceg zracenja u radioloskoj dijagnostici i terapijskim postupcima u svim oblastima medicine, namece problem zastite kako medicinskog osoblja, tako i pacijenata. Dijagnosticka ozracivanja su sa daleko nizim vrijednostima, a proporcionalnost doze i bioloskog ucinka nije uocljiva i jednostavna za dokazivanje.
U sistemu radioliske zastite prisustvo odredjenog broja i tipa hromozomskih aberacija somatskih celija predstavlja vazan bioloski pokazatelj izlozenosti zracenju. I pored redovnog fizikalno dozimetrijskog monitoringa, ovaj bioloski pokazatelj moze omoguciti procjenu apsorbovanih doza zracenja, odnosno registraciju promjena u genomu ozracenih organizama.
Iako su novi zakonski propisi o stavljanju u promet i koristenju rengen aparata znatno ostriji, ipak je analiza hromozomskih aberacija kod lica profesionalno izlozenih jonizujucem zracenju od velikog znacaja, posebno u onim slucajevima kada neke klinicke manifestacije treba povezati sa dejstvom jonizujuceg zracenja.
Svrha ovoga rada je prezentacija hromozomskih aberacija osoba koje su tek pocele raditi u RTG kabinetima medicinskih ustanova Sarajeva i onih koji su tu zaposleni dugi niz godina.

MATERIJAL I METODE RADA

Na osnovu izvrsenog kompletnog klinickog i hematoloskog pregleda, kao i ankete u pogledu pusenja, izabrane su dvije grupe ispitanika zaposlenih u RTG kabinetima medicinskih ustanova Sarajeva. U prvoj grupi je bilo 12 ispitanika sa radnim stazom od 0 - 2 godine, od kojih je 6 nepusaca i 6 pusaca. U drugoj grupi je bilo takodje 12 ispitanika, ali sa radnim stazom od 9 - 22 godine, takodje 6 nepusaca i 6 pusaca. Svi ispitanici su bili bez hemoterapije vise od 6 mjeseci.
Ispitanicima su uzeti uzorci venske krvi, napravljena standardna kultivacija limfocita i analizirane hromozomske aberacije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati analize hromozomskih aberacija prikazani su tabelarno (Tabele 1 i 2). Analiza se odnosila po klasifikaciji na hromatidni tip (gap, lom) i hromozomski tip aberacija (lom, acentrik i dicentrik). U tabeli 1, analiza hromozomskih aberacija pokazuje uobicajnu "pozadinu", prisutnu u zdravih osoba. Procentualno, taj broj nije prelazio 1,6%.

Tabela 1. Hromozomske aberacije kod I grupe ispitanika

Ispitanik	God.prof. ekspoz.	Pusenje cig/god	Hromatidne ab.	Hromozomske.ab.	Numericke	%	Broj celija
1	1	-	-	-	-	0	200
2	1	-	-	3	-	1,5	200
3	0	-	1	-	-	0,5	195
4	0	-	1	-	-	0,5	190
5	1	-	-	-	-	0	200
6	2	-	3	-	-	1,6	190
7	2	20/20	2	-	-	1,0	200
8	1	15/3	2	-	-	1,0	200
9	0	20/5	1	-	-	0,5	190
10	2	10/10	1	-	-	0,5	200
11	2	10/9	1	1	-	1,0	195
12	0	20/8	1	1	-	0,5	200

Tabela 2. Hromozomske aberacije kod II grupe ispitanika

Ispitanik	God.prof. ekspoz.	Pusenje cig/god	Hromatidne ab.	Hromozomske ab.	Numericke	%	Broj celija
1	21	-	5	1	-	3,0	200
2	20	-	3	4	-	3,9	180
3	15	-	4	3	-	3,5	200
4	9	-	3	4	-	3,5	200
5	16	-	2	2	-	2,5	160
6	13	-	3	1	1	2,5	200
7	19	20/20	3	4	-	4,6	150
8	15	15/15	2	4	-	3,1	190
9	19	20/22	4	9	4	8,5	200
10	20	20/20	3	3	-	3,1	190
11	11	25/20	4	4	-	4,4	180
12	22	10/20	5	9	-	7,0	200

Kod ispitanika druge grupe prikazanih u tebeli 2., znacajno se povecao broj hromatidnih i hromozomskih lezija i procentualno taj broj se penje na 8,5%. Numericka odstupanja iskljucivo tetraploidije otkrivena su kod 2 ispitanika. Aberacije hromozomskog tipa su kod pusaca brojcano vece nego kod nepusaca. Iz literaturnih podataka je jasno da postoje studije koje su

pokazale povecanje frekvencije aberacija kod pusaca u odnosu na nepusace, kao i studije koje nisu pronasle nikakvu znatnu razliku. Povecanje koje je zapazeno varira od efekata na aberacije iskljucivo hromatidnog ili hromozomskog tipa.
Kako su ova istrazivanja preliminarnog karaktera s malim brojem ispitanika i sa nedovoljnim brojem pregledanih metafaza, donosenje definitivnog zakljucka nije moguce. Medjutim, svakodnevne ekspozicije i niskim zracenjem koje je neminovno prisutno u ovim profesijama, upucuju na neophodnost nastavka ovog tipa istrazivanja.

LITERATURA

1. Biological Dozimetry: Cromosomal aberrations analysis for dose assessment IAEA. Technical reports series,No 260, Vienna 1986.
3. Hecht F., et al; Cytogenetic findings in persons living near the Love Canal, J. Am. Med. Ass. 251, 1437-1440, 1984.
2. Kubelka D., Horvat Dj.,Lakovski A.: Profesionalna izlozenost zracenju tokom redovnog servisa nuklearne elektrane, Zbornik radova XIV Simp.JDZZ,N Sad,1987.

CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN RTG TECHNICIANS PROFESSIONALY EXPOSED TO X- IRRADIATION

ABSTRACT

The results of analysis of chromosmal aberrations of workers profesionally exposed to ionizing irradiation are discused. Obtained results indicate differences in the frequency of chromosomal aberrations, between professionally exposed workers and control group.

GENOTOKSIČNI UČINAK POLUTANATA IZ PROCESA KOKSIRANJA UGLJENA

Horvat Đ., Tonković M., Senčar J.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak Tokom procesa pirolize kojom ugljen prelazi u koks, kao i manipulacije ugljenom i vrućim koksom, u radni okoliš dospijevaju genotoksični i radiotoksični polutanti. Njihov mutageni učinak praćen je na in vitro kulturi limfocita profesionalno izloženih radnika koksare. Konvencionalnom analizom strukturnih aberacija kromosoma i učestalošću izmjena kromatida sestara, nađena je signifikantna razlika rezultata između izložene i kontrolne skupine.

Promjene u genomu somatskih stanica izloženih, rezultat su istovremene ekspozicije potomcima uranovog i torijevog niza, kao i mješavini policikličkih ugljikovodika s brojnim drugim kemijskim polutantima.

Uvod

Većina fosilnih goriva prirodno sadrži radioaktivne elemente uranovog i torijevog niza (^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th) kao i ^{40}K. Ponekad koncentracije ovih radionuklida znatno premašuju tzv. normalne vrijednosti, uobičajene za većinu sedimentnih stijena kakav je i ugljen (1).

Tokom sagorijevanja ugljena ili njegove prerade pepeo, šljaka i čađavo smolaste partikule sadrže stanovite količine radionuklida uz druge kemijske spojeve. Premda se samo u izuzetnim slučajevima radi o visokim koncentracijama radioaktivnih elemenata u gorivom ciklusu i preradi koriste se velike količine ugljena, pa tako nagomilana radioaktivnost prestaje biti zanemariva. Većina tih prirodnih radionuklida ima potomke alfa emitere, što potencira njihov biološko-mutagenetski značaj.

Dodatni problem koji prati eksploataciju i preradu fosilnih goriva je široka paleta kemijskih polutanata. Većina njih pojedinačno ili u međusobnoj interakciji ima mutagena i/ili kancerogena svojstva.

Tokom koksiranja ugljena i hlađenja mokrim postupkom u radni okoliš, uz vodenu paru dospijevaju velike količine štetnih tvari čija je toksičnost vezana prvenstveno uz policikličke aromatske ugljikovodike, smolaste partikule na čijoj su površini adherirani radionuklidi i brojne benzen solubilne tvari, amonijak, sumporni dioksid, ugljični monoksid i drugo (2).

Cilj ove studije bio je :

1. Ispitivanje genotoksičnih učinaka polutanata oslobođenih tokom cjelokupnog procesa koksiranja na profesionalno izloženu populaciju
2. Komparativna analiza podataka s rezultatima mutagenetskih testova kontrolnih - neizloženih ispitanika.

Ispitanici i metode

Studija obuhvaća dvije skupine ispitanika: 15 profesionalno izloženih osoba koksare i 15 kontrolnih ispitanika. Za svakog od njih prikupljeni su podaci o dobi, pušenju, dijagnostičkim i terapijskim postupcima, karakteristikama poslova, te mjerama zaštite na radu.

Konvencionalna analiza na strukturne aberacije kromosoma i učestalost izmjena kromatida sestara (SCE) obavljena je na in vitro kulturama limfocita periferne krvi ispitanika (3). Obje metode su verificirani mutagenetski testovi uz specifičnu podobnost SCE tehnike za dokazivanje genotoksičnih svojstava kemijskih tvari. Za analizu strukturnih aberacija kromosoma pregledano je 200 prvih in vitro metafaza, a za SCE test 50 drugih in vitro metafaza po ispitaniku (4).

Rezultati i diskusija

Ugljen koji se koristi u koksari gdje je provedeno ispitivanje po sadržaju članova uranovog i torijevog niza (oko 25 Bq/kg) te ^{40}K (40 Bq/kg) svrstava ga u niže aktivne. Bez obzira na alfa emitirajuće potomke, kada bi genotoksičnost i zdravstveni rizik ocjenjivali isključivo s radiološkog stanovišta, u ovoj koksari i za ovaj ugljen ne bi bilo elemenata za posebnim mjerama zaštite. Problem međutim nastaje zbog prisustva velikog broja kemijskih polutanata koji direktno, ili nakon aktivacije putem mikrosomalnih enzima jetre, postaju reaktivni te simultano sa zračenjem izazivaju promjene u genomu ljudskih proliferativnih stanica. Kako ionizirajuće zračenje niskih doza najčešće izaziva jednolančane lomove DNA koji su najvećim dijelom reparabilni, prisutan signifikantno viši broj kromatidnih i izokromatidnih lomova u limfocitima radnika koksare u odnosu na kontrolnu skupinu, dozvoljava pretpostavku da kemijski polultanti, osim što su neki od njih potentni mutageni, djeluju i kao modifikatori procesa popravka DNA oštećenja. Uzme li se SCE kao specifičnu metodu za dokazivanje izloženosti kemijskim mutagenima, uz statistički značajnu razliku između kontrolne i testirane skupine mnogo dominantnije razlike su nađene na razini strukturnih aberacija kromosoma, posebno lomova i pratećih acentričnih fragmenata (Tablica 1). Osam dicentrika na 3000 pregledanih metafaza eksponirane skupine, upućuje na in vivo učinak genotoksika. Točno razlučivanje udjela radiotoksikološke i kemijske nokse u konačnom rezultatu ove studije, primjenjenim metodama nije sa sigurnošću moguće.

Ostaje zaključak da korištenje i prerada fosilnih goriva nosi ozbiljan biološko - mutagenetski rizik, i ne samo za čovjeka, te ga se ne smije zanemariti pri izboru energenata.

Tablica 1. Učestalost kromosomskih aberacija i izmjena kromatida sestara u limfocitima radnika koksare i kontrolnih ispitanika

Ispitanik	Dob god.	Profesionalna izloženost	Pušać cigareta na dan/god	Učestalost kromosomskih oštećenja				% Aberacija	SCE
				Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Dicentrik		
1	30	10	40/10	0,020	0,010	0,015		4,5	6,4
2	23	4	20/4	0,010	0,015	0,005	0,005	3,5	7,1
3	36	11	30/15	0,005	0,010	0,030	0,005	5	6,5
4	45	10	30/25	0,015	0,025	0,020		6	8,1
5	26	5	30/5	0,010	0,015	0,015		4	7,3
6	42	13		0,010	0,015	0,025	0,015	6,5	8,2
7	29	6	10/10	0,010	0,015	0,015		4	7,3
8	25	2	40/5	0,015	0,010	0,015		4	6,8
9	32	6	10/10	0,010	0,010	0,015	0,005	3,5	6,4
10	42	12	40/20	0,010	0,025	0,010		4,5	6,8
11	39	10		0,010	0,015	0,015	0,005	4,5	8,6
12	38	14,5	20/20	0,020	0,025	0,015		6	8,2
13	41	13		0,005		0,020	0,005	3	6,4
14	28	10	20/10	0,0015	0,020	0,015		5	7,8
15	29	8	20/10	0,010	0,010	0,015		3,5	7,9
Kontrola									
1	30		15/8	0,005				0,5	4,8
2	21				0,005	0,010		1,5	5,8
3	31		10/5	0,005				0,5	6,4
4	40			0,005	0,015	0,005		2,5	4,9
5	20		20/4	0,005				0,5	4,5
6	42			0,005	0,010	0,005		2	5,4
7	29		15/5	0,015				1,5	6,4
8	34		15/6	0,005				0,5	5,8
9	24		20/5	0,005	0,005			1	7,4
10	46		15/9	0,010	0,005	0,005		2	6,5
11	26			0,005	0,005			1	4,8
12	22			0,005		0,005		1	4,6
13	38		10/12	0,005	0,005	0,005		1,5	6,4
14	36			0,005	0,010			1,5	6,0
15	27		10/10		0,005	0,005		1	5,5

Literatura

1. Cruz Alvarez M. and Garzon L. Assessment of radiological emissions from Spanish coal power plants: Radioactive releases and associated risk, Health Physics Vol. 57 No. 5, 765-769 (1989).
2. Jongeneelen F.J., Flora E. van Leeuwen, Oosterik S., Anzion R.B.M, F van der Loop, Bos R.P., H.G.van Veen. Ambient and biological monitoring of cokeoven workers: determinants of the internal dose of polycyclic aromatic hydrocarbons, British J. of Ind. Med. 47, 454-461 (1990).
3. Biological Dosimetry. Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment. IAEA, Vienna, Technical reports series No 260 (1986).
4. Guidelines for the Study of Genetic Effects in Human Populations, Environmental Health Criteria 46, WHO, Geneva (1985).

Abstract

During the process of pyrolyse, while the coal is converting into coke, as well as during the manipulation with coal and hot coke, some chemotocsical and radiotocsical polutants get into the working environment. Their genotoxic effect has been studied on in vitro lymphocyte cultures of the proffessionally exposed cokeoven workers. Conventional analyse of the structural chromosome aberrations and sister chromatide exchange frequency, has shown significant difference between results of the exposed and control group.

Genom damages of the exposed somatic cells have become as a result of simultaneous exposition to radiotoxic compounds and the mixture of the numerous chemical polutants with dominant polycyclic aromatic hydrocarbons.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRACENJA
Neum, 28.-31.05.1991.god

UCESTALOST HROMOZOMSKIH ABERACIJA I MIKRONUKLEUSA U LIMFOCITIMA PERFERNE KRVI NAKON FRAKCIONISANOG IN VITRO OZRACIVANJA IZVOROM X-ZRACENJA

Joksic Gordana

UKC- Institut za medicinu rada i radiolosku zastitu "Dr Dragomir Karajovic", Beograd, Deligradska 29

Rezime: U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja ucestalosti hromozomskih aberacija i mikronukleusa u humanim limfocitima periferne krvi nakon frakcionisanog ozracivanja izvorom X-zracenja, dozama od 1-4 Gy. Svaka pojedinacna doza zracenja data je u dva jednaka dela ,a vreme izmedju dva ozracivanja iznosilo je 30',60', 120' i 180'. Rezultati ovog eksperimenta su pokazali da nema znacajnijeg odstupanja u prinosu hromozomskih aberacija ukoliko je vremenski interval izmedju dva ozracivanja manji od dva sata. ukoliko je vremenski interval izmedju dva ozracivanja veci od dva sata, ucestalost izmenskih aberacija znacajno opada, dok je ucestalost mikronukleusa nepromenjena. Za razliku od akutnih ozracivanja , gde se medju hromozomskim aberacijama veoma retko srecu hromatidne aberacije, nakon frakcionisanog ozracivanja one su prisutne u znacajnijem broju, narocito u uzorcima gde je vremenski interval izmedju dva ozracivanja iznosio 180'.

UVOD

Ispitivanja ucestalosti hromozomskih aberacija i mikronukleusa nakon akutnog ozracivanja izvorima X i gama zracenja pokazala su da ucestalost mikronukleusa u binuklearnim limfoblastima (CB metodom) predstavlja pouzdan indikator ucestalosti hromozomskih aberacija (1, 2, 3). Biodozimetrijske procene (na osnovu ucestalosti

hromozomskih aberacija i mikronukleusa) apsorbovanih doza jonizujuceg zracenja u grupi ljudi profesionalno izlozenih dejstvu tricijuma, pokazale su da su vrednosti apsorbovanih doza jonizujuceg zracenja uvek nesto vece kada se procena vrsi na osnovu ucestalosti mikronukleusa. Verovatno da uzrok ovoj pojavi lezi u cinjenici da neke nestabilne hromozomske aberacije poput acentricnih fragmenata, hromozomskih prekida ili nekih tipova hromatidnih aberacija kao sto su triradijali ,mogu biti uzrok nastajanja mikronukleusa, a ne uzimaju se u obzir kada se biodozimetrijska procena vrsi prema kalibraciji za dicentricne hromozome ili izmenske aberacije.

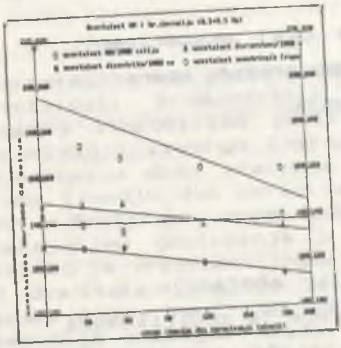
Iz tih razloga postavljen je ovaj eksperiment, gde je ucestalost mikronukleusa i hromozomskih aberacija ispitivana nakon frakcionisanog ozracivanja.

MATERIJAL I METODE

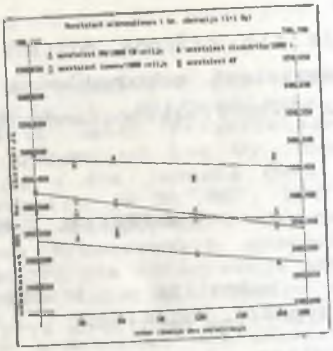
analizu hromozomskih aberacija u humanim limfocitima periferne krvi koriscena je modifikovana tehnika analize hromozomskih aberacija (1) na vremenu fiksacije kultura 48 sati, dok je za analizu mikronukleusa koriscena CB metoda (1), na vremenu fiksacije kultura 72 sata.Obe metode detaljno su opisane u sledecim radovima (2).Frakcionisano in vitro ozracivanje obavljeno je na VMA u Beogradu.Brzina doze iznosila je 100.1 cGy/min, udaljenost od izvora zracenja 40 cm, velicina tubusa iznosila je 24x20 cm , filtracija 2.7 mmCu, a energija 300 KeV-a Svaka pojedinacna doza dat je u dva jednaka dela, a vremenski interval izmedju dva ozracivanja iznosio je 30',60', 120'i 180'.

REZULTATI

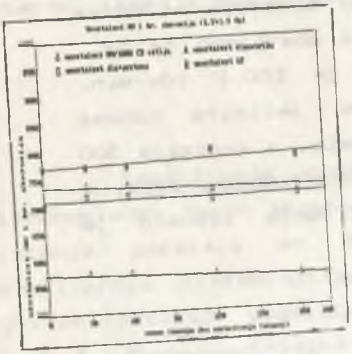
Rezultati ispitivanja predstavljeni su na graficima 1,2,3 i 4. Rezultati pokazuju da prilikom frakcionisanog ozracivanja ucestalost hromozomskih aberacija opada sa porastom vremenskog intervala izmedju dva ozracivanja. taj efekat je veoma izrazen , kada je vreme izmedju dva ozracivanja iznosi 3^h.Pad ucestalosti hromozomskih aberacija zapaza se kod svih vrsta hromozomskih aberacija, anarocito je izrazen kod dicentricnih hromozoma, dok ucestalost MN ostaje gotovo nepromenjena.



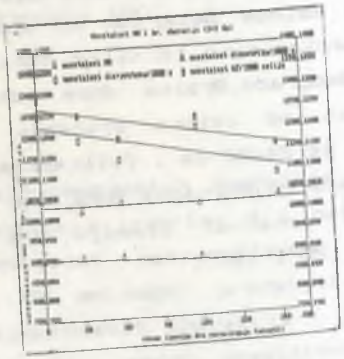
Grafik 1.



Grafik 2.



Grafik 3.



Grafik 4.

Diskusija

Rezultati ovog eksperimenta pokazlali su da sto je vremenski interval izmedju dva ozracivanaja duzi,ucestalost dicentricnih i prstenastih hromozoma, brze opada od ucestalosti mikronukleusa. Kod svih ispitivanih doza zracenja nema znacajnijeg variranja u prinosu hromozomskih aberacija ukoliko je ,vremenski interval izmedju dva ozracivanja manji od 2^h, sto znaci da su lezije nastale prvim ozracivanjem jos uvek otvorene za interakciju sa lezijama koje su nastale nakon drugog ozracivanja. To znaci da je vremenski interval od nekoliko sati dovoljan da se jedan deo indukovanih lezija popravi, ali je sasvim izvesno da pri teskim ostecenjima genetickog materijala mnoge lezije,iako popravljene predstavljaju osnov za nastajanje nekih hromozomskih aberacija (npr.izohromatidnih delecija, hromatidnih izmena), usled cega ucestalost mikronukleusa ostaje gotovo nepromenjena.

CHROMOSOME ABERRATION AND MICRONUCLEI FRQUENCIES IN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES AFTER FRACTIONAL x-RAY IRRADIATION

Gordana Joksic

Chromosome aberration and micronuclei frequencies were experimentaly investigated during fractional X-ray irradiation of humanm blood samples (with doses of 1-4 Gy). Each individual dose was applied in two equal parts while the time interval between irradiations was 30'-180'. The results of this experiment indicate that with all investigated irradiation doses there are no significant chromosome aberration yield variations if the time interval between two irradiation is less than 2^h. When the time interval between two irradiations is 2^h or longer significant decrease of dicentrics and exchange aberration yields occurs while micronuclei frequerncies remains unchanged.

Literatura

1. Joksic G. Komparativna studija ucestalosti hromozomksih aberacija i mikronukleusa u humanim limfocitima pri internoj kontaminaciji radionuklidima, doktorska disertacija.1990, Univerzitet u BEogradu, Bioloski fakultet PMF.
2. Joksic G. Micronuclei as quantitative indicators of chromosomal aberrations in human lymphocytesafter in vitro X and gamma irradiation.
3. Ramalho.et all. Mutat, Res.207:141-146.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRACENJA
Neum, 28-31.05.1991.god

KORELACIJA IZMEDJU UCESTALOSTI MIKRONUKLEUSA I HROMOZOMSKIH ABERACIJA NAKON AKUTNOG OZRACIVANJA VISOKIM DOZAMA X-ZRACENJA

Gordana Joksic

UKC- Institut za medicinu rada i radiolosku zastitu

"Dr dragomir Karajovic", Deligradska 29, Beograd

Rezime: U ovom radu prikazani su rezultati komparativnog ispitivanja ucestalosti hromozomskih aberacija i mikronukleusa nakon akutnog ozracivanja visokim dozama jonizujuceg zracenja (1-8 Gy), u cilju eksperimentalnog odredjivanja gornje granice pouzdanosti CB mikronulkleusnog testa. Rezultati su pokazali da visok stepen korelacije izmedju ove dve metode postoji do doze zracenja 4 Gy. Iznad 4Gy, rezultati hromozomskih aberacija i CB mikronukleusnog testa se razlikuju, te gornja granica pouzdanosti mikronukleusne metode iznosi 4 Gy.

Uvod

Nova biodozimetrijska metoda , CB mikronukleusni test moze da pruzi dodatne informacije o stepenu radijaciog ostecenja u limfocitima periferne krvi, ali je svakako neophodno uraditi objektivnu in vitro standardizaciju.i ispitati osetljivost metode. U nasim ranijim radovima (1), objavljeni su eksperimentalni rezultati in vitro kalibracije za X i gama zracnje ,gde su doze zracenja iznosile od 0.1-4 Gy. Zakljucak tih eksperimenata je da najmanja doza zracenja koja se CB mikronukleusnim testom moze odrediti za X zracenje iznosi 0.1 Gy , a za gama zracenje 0.15-0.20 Gy. U ovom radu prikazani su rezultati komparativnogispitivanja ucestalosti hromozomskih aberacija i mikronukleusa nakon ozracivanja visokim dozama X-zracenja (1-8 Gy).

Materijal i metode

Za ispitivanje ucestalosti hromozomskih aberacija i mikronukleusa uzeta je krvzdravog donora, nepusaca i akutno ozracena sledecim dozama jonizujuge zracenja: 1Gy, 2 Gy, 4 Gy i 8 Gy. Analiza hr. aberacija radjena je iz 48-satnih kultura limfocita (2), dok je za mikronukleusni test bilo neophodno kultivisati limfocite 72^h (3).

Rezultati

Rezultati CB mikronukleusnog testa pokazuju da prinos mikronukleusa prati prinos hromozomskih aberacija do doze zracenja 4 Gy (tabela 1 i 1a). Iznad 4 Gy ucestalost mikronukleusa vise ne prati linearno-kvadratni model grafik 1), i na veoma visokim dozama jonizujuceg zracenja ucestalost mikronukleusa je daleko manja (gotovo dvostruko) u odnosu na ucestalost hromozomskih aberacija.

UCESTALOST MIKRONUKLEUSA U UZORCIMA OZRACENIM IN VITRO IZVOROM X-ZRACENJA

DOZA zracenja (Gy)	broj analizir. bi celija	broj bi celija bez MN	broj bi celija sa MN	broj MN	ucestalost mikronukleusa na 1000 bi celija
1	1019	901	118	150	147
2	1002	705	297	372	369
4	638	278	360	631	989
8	380	90	290	898	2363
kontrola	1000	992	6	8	8

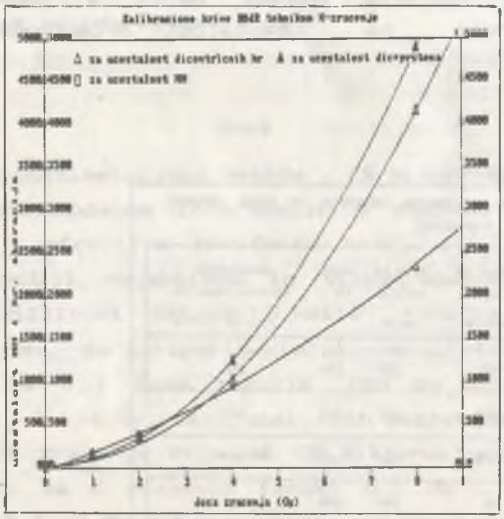
Tabela 1

UCESTALOST HROMOZOMSKIH ABERACIJA NAKON IN VITRO OZRACIVANJA IZVOROM X-ZRACENJA

(BUdR citogeneticka metoda)

doza zracenja (Gy)	broj analiziranih celija	broj dicentrika	broj izmena	broj AF	ucestalost dic/cel.	ucestalost izm./cel
1	438	53	65	10	0.1210	0.1484
2	264	84	92	10	0.3187	0.3484
4	134	136	164	9	1.0162	1.25
8	131	544	640	18	4.15	4.88
kontrola	100	/	/	/	/	/

Tabela 1a



Grafik 1.

U uzorcima krvi koji su ozraceni gotovo letalnom dozom zracenja (8 Gy) , analiza hromozomskih aberacija pokazuje da svaka analizirana metafaza sadrzi najmanje dva

dicentricna hromozoma , dok mikronukleusni test pokazuje da 24% binukearnih limfoblasta u svojoj citoplazmi ne sadrzi mikronukleuse.

Diskusija

Svakao su najinteresantniji rezultati dobijeni na dozi zracenja od 8 Gy. Svaka od 131 analizirane metafaze sadrzala je najmanje 2 dicentricna hromozoma, cak je 35% metafaza sadrzlao 5-9 dicentrika po celiji. Analiza mikronukleusa je pokazala da u istom uzorku postoji cak 24% binuklearnih celija bez mikronukleusa., sto je iznenadjujuci rezultat s obzirom da se radi o gotovo letalnoj dozi zracenja. Sasvim je sigurno da geneticki materijal mora pretrpeti brojna ostecenja nakon ozracivanja dozom zracenja od 8 Gy, i malo je verovatno da ce 24% celija proci bez ikakvih ostecenja.Ne treba iskljuciti mogucnost da se acenricni fragmenti , kada se u vecem broju nadju u citoplazmi mogu organizovati u neki veci mikronukleus i eventualno spojiti sa glavnim jedrom.

U svakom slucaju eksperiment je nedvosmisleno pokazao da je gornja granica pouzdanostoi CB mikronukleusnog testa 4 Gy, te da je na dozama zracenja iznad4 Gy jedino pouzdana biodozimetrija na osnovu ucestalosti hr. aberacija.

RESULTS OF CHROMOSOME ABERRATION AND MICRONUCLEI FREQUENCY AFTER ACUTE IRRADIATION WITH HIGH X-RAY DOSES

Gordana Joksic

Summary: The results of CB micronuclei test in irradiated blood samples are paralel to the frequency of chromosomal aberrations induced by ionising radiation up to 4 Gy of radiation dose. At the highest dose studied,i.e 8 Gy , there were bi. cells without micronuclei (24%), in contrast to the presence of aberrations in all the cells scored. It means taht chromosome aberration analysis is the most suitable biodosimetry method in acute irradiation with high doses of ionising radiation.

Literatura

1.Joksic G. Micronuclei as quantitative indicators of chromosomal aberrations in human lymphocytes after in vitro X and gamma irradiation,Procceding,Int.Radiat. Protec.Symp,202.
2.Joksic G. Komparativna studija ucestalosti hr. aberacija i mikronukleusa , Doktorska disertacija, Univ. Beogr. 1990.

UTJECAJ ^{131}J NA POJAVU KROMOSOMSKIH ABERACIJA U LJUDSKIM LIIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI IN VITRO

Kašuba V., Horvat Đ., Vlatković M.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak Izvršena je analiza strukturnih aberacija kromosoma iz periferne krvi u in vitro uvjetima nakon dodatka J-131. U krv je dodano ~$4x10^5$ 1-$8x10^5$ Bq J-131.
U kontrolnom uzorku je ukupan postotak aberacija 2,2, a u eksperimentalnim uzorcima 5,1 do 12. Rezultati ukazuju da nema jasne korelacije između veličine doze i postotka ukupnih kromosomskih aberacija.

Uvod

Radiojodidi s relativno kratkim vremenom poluraspada od naročitog su interesa kao kontaminanti koji prate pojedine civilne nuklearne akcidente i pokusne eksplozije nuklearnog oružja. Populacija je pri tom izložena vanjskoj radijaciji ^{131}J i unutarnjoj kontaminaciji tim radionuklidom. Potencijalni rizik kontaminacije ^{131}J za čovjeka je unos u organizam preko hrane. Ukupnoj dozi zračenja, osim akcidentalnih polutanata doprinosi i upotreba ^{131}J u dijagnostičke i terapijske svrhe.

Cilj rada bio je utvrditi utjecaj ^{131}J na pojavu kromosomskih aberacija u in vitro kontaminiranim ljudskim limfocitima periferne krvi.

Materijal i metode

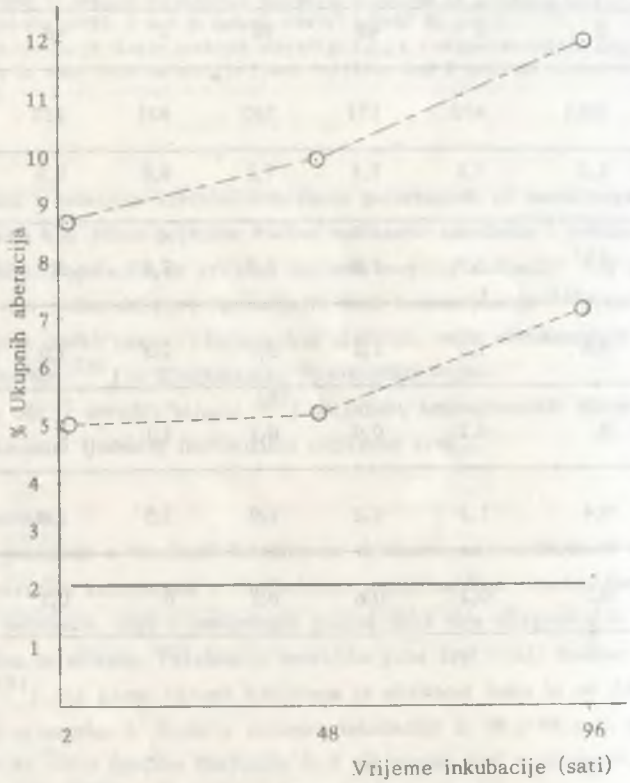
Vidljive promjene u strukturi kromosoma dokazane su standardnom analizom strukturnih aberacija kromosoma u limfocitima periferne krvi. Upotrebljena je krv zdrave osobe, nepušaća, koja u posljednjih godinu dana nije dijagnostički, terapijski ili profesionalno ozračivana. Paralelmm uzorcima pune krvi (5ml) dodano je ~$4x10^5$ i ~$8x10^5$ Bq ^{131}J. Na gama kameri izmjerena je aktivnost kako bi se dobila točna vrijednost svakog uzorka. U funkciji vremena inkubacije 2, 48 i 96 sati, postavljene su standardne 48 satne kulture limfocita (0,8 ml uzorka krvi s izotopom, 8 ml medija F-10 GIBBCO + 20% telećeg seruma i 0,2 ml PHA - "FITO" Krka).

U svakom uzorku analiziran je najveći mogući broj dobro vidljivih metafaza. Svaki tip oštećenja izražen je ukupnim postotkom kromosomskih aberacija u pojedinom uzorku i postotkom pojedinih tipova aberacija.

Tablica 1 **Postotak kromosomskih aberacija u kulturi ljudskih limfocita tretiranih ^{131}J**

Uzorak	Kontrola	1	2	3	4	5	6
Aplicirana doza Bq/5ml	0	$3,8x10^5$	$3,6x10^5$	$3,9x10^5$	$7,6x10^5$	$8,0x10^5$	$7,6x10^5$
Vrijeme inkubacije (sati)	2	2	48	96	2	48	96
Ukupan broj pregledanih stanica	1011	472	171	787	475	152	240
Ukupan postotak aberacija	2,2	5,1	5,3	7,2	8,8	9,9	12,0
Postotak kromosomskih lomova	0,5	1,9	1,8	2,7	2,9	3,9	2,9
Postotak kromatidnih lomova	0,8	1,5	1,2	3,3	2,3	1,3	3,3
Postotak bicentričnih kromosoma	0	0.2	0,6	0,1	1,1	0	1,6
Postotak acentričnih kromosoma	0,4	1,3	1,2	1,0	2,5	3,9	4,2
Postotak gap-ova	0,5	0,2	0,6	0,1	0	0,7	0

Slika 1. Odnos kromosomskih aberacija i vremena inkubacije s različitim aktivnostima ^{131}J



Legenda: _____ kontrolni uzorak

\- - - - aplicirana aktivnost $4x10^5$ Bq

-.-.-.-.- aplicirana aktivnost $8x10^5$ Bq

Rezultati i diskusija

Broj aberacija u kontrolnom uzorku iznosio je 2,2%, a u kontaminiranim uzorcima od 5,1 do 12%. Iz Tablice 1 vidi se povećan broj lomova u pojedinim uzorcima. Takav nalaz bio bi u skladu s nalazima Mitchella i Normana (1987) koji su utvrdili da zbog raspršenih ionizacija pri niskim dozama zračenja nastaju uglavnom jednolančani lomovi DNA, koje sustav za popravak oštećenja u stanici u velikoj mjeri može popraviti. Dobivena krivulja kromosomskih aberacija slična je krivulji za kromosomske aberacije koju su napravili Pohl-Ruling i suradnici (1983).

Prema mišljenju tih autora takve su krivulje rezultat zasićenja mehanizma popravka DNA kod malih doza.

Ovi su rezultati međutim u suprotnosti sa tvrdnjom Coggle-a (1990), koji kaže da se za bilo koji porast količine zračenja kojem su ljudi izloženi očekuje da uzrokuje proporcionalan porast frekvencije mutacija. Dokazivanje takvih mutacija izuzetan je problem. Cijeli niz oštećenja izazvan niskim dozama zračenja teško je ili nikako detektibilan standardnim citogenetskim metodama. Suvremene imuno-assay metode, stoga daju veće mogućnosti, ali na žalost nisu podobne u rutinskom radiološkom monitoringu.

Literatura

1. Mitchell J.C., and Norman A. The induction of micronuclei in human lymphocytes by low dose of radiation. Int.J.Radiat.Biol. 52(4), 527-535 (1987).
2. Pohl-Ruling J., Rischer P. and Haas O. Effect of low-dose acute X-irradiation on the frequences in chromosomal aberrations in human peripheral lymphocytes in vitro. Mutation Res. 110, 71-82 (1983).
3. Coggle J.E. Medical effects of low doses of ionising radiation. Radiat.Prot.Dosimetry 30(1), 5-12 (1990).

Abstract This paper discusses the influence of 131-J on chromosome aberration appearance in human peripheral blood lymphocytes *in vitro*. The aplied doses of 131-J was approximatelly 4×10^5 and 8×10^5 Bq/5ml blood.

The percentage of chromosomal aberrations in control sample was 2.2 while in experimental sample this percentage ranged from 5.1 to 12. These results pointed out that there is no positive correlation between dose volume and chromosomal aberration percentage.

DOPRINOS DIJAGNOSTIČKOG OZRAČIVANJA PROMJENAMA U GENOMU LJUDSKOG LIMFOCITA

Kubelka D., Horvat Đ., Milković-Kraus S., Lakoski A.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK Zdravstveni nadzor osoba zaposlenih u zoni ionizirajućeg zračenja u sklopu kojega su rađene analize kromosomskih aberacija, proveden je na odjelu za nuklearnu medicinu. U osam ispitanika od trideset analiziranih nađeni su bicentrični kromosomi. Na osnovu anamnestičkih podataka za pretpostaviti je da je većina ovih promjena uzrokovana dijagnostičkim ozračivanjem. Analizom kromosomskih aberacija koja bi prethodila radiološkom pregledu mogli bi lako razlučiti ovakove slučajeve.

UVOD

Stupanj oštećenja ljudske somatske stanice ili tkiva izazvan djelovanjem ionizrajućeg zračenja danas se može procijeniti na osnovu mnogih parametara (1,2). Promjene na organizmu izazvane zračenjem dokazuju se pak specifičnim medicinskim postupcima (3,4,).

Zdravstveni nadzor, osoba profesionalno izloženih ionizirajućem zračenju obuhvaća niz pretraga kao što je pregled očne leće, krvna slika, promjene kapilarnog krvotoka te analize kromosomskih oštećenja. Analiza na kromosomske aberacije jedna je od najosjetljivijih metoda s kojom se vrlo rano uočava učinak ionizirajućeg zračenja, a kod akutnih ozračenja moguća je i procjena apsorbirane doze (5). Analizirajući zdravstveno stanje osoba zaposlenih na odjelima nuklearne medicine zdravstvenih institucija nisu prisutna neka specifična stanja. Tek analizom na kromosomske aberacije kod pojedinih ispitanika zabilježene su promjene koje se mogu dovesti u vezu s ionizirajućim zračenjem. Uvidom u njihovu dokumentaciju većinu tih promjena međutim, ne može se povezati s profesionalnom izloženosti.

MATERIJAL I METODA

Ispitivanja su provedena na 30 ispitanika različite dobi, spola i stupnja obrazovanja. Svi ispitanici zaposleni su na odjelu za nuklearnu medicinu. Svakom ispitaniku predhodnih godina rađena je analiza na kromosomske aberacije, kao "0" pregled prije zaposlenja ili tokom redovitih zdravstvenih pregleda. U ovoj studiji svakom ispitaniku uzet je uzorak krvi za in vitro kulturu limfocita. Analiza strukturnih aberacija kromosoma obavljena je na 48 satnim kulturama limfocita i prvim in vitro metafazama. Fiksacija stanica i obrada preparata rađena je prema konvencionalnoj metodi (6). Analizirano je 200 dobro vidljivih metafaza po ispitaniku.

REZULTATI I DISKUSIJA

Prema filmdozimetrijskim podacima ispitanicima ove studije tokom prethodne godine nije zabilježeno prekoračenje doze zračenja. Najviša doza od 800 uGy registrirana je kod ispitanika 7 u VII mj. 1990. godine. Na osnovu takovih filmdozimetrijskih podataka u ovih ispitanika očekivana je frekvencija kromosomskih aberacija na razini neizložene populacije (7).

Rezultati ove studije provedene krajem 1990. godine ukazuju na pojavu bicentričnih kromosoma u osam ispitanika. Prema predhodnim podacima bilo da se radilo o pregledima prije zaposljenja ili tokom rada, kod ni jednog od ispitanika nisu nađene promjene koje bi mogli povezati s učinkom ionizirajućeg zračenja, osim kod ispitanika sa rednim brojem 6. Kod ovog ispitanika nađen je bicentrični kromosom 1984. godine.

Tablica 1

Učestalost kromosomskih aberacija i dijagnostičkog ozračivanja

Godina analize	Ispitanik	Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Bicentrik	Dijagnostika	
1979	1	2					
	4	2	3				
1984	1		2	1			
	2	1	3				
	3	1		1			
	4	1	1				
	6	2	3	1	1	štitna ž.	83
1986	1	1	2				
	2	2	2	2			
	3	2	2	2			
	4	2	3	2			
	5	1					
	6	2	2	1			
	7	3	1				
1990	1	4	4	4	1	bubrezi	90
	2	6	1	6	1	bubrezi	90
	3	5	1	5	1		
	4	2	4	7	4	kičma x5	90
	5	3	2	4	1	senograf.	88
	6	4	1	4	1	bubrezi	87
	7	2	2	5	3		
	8	1	2	5	1		

Uvidom u anamnestičke podatke utvrđeno je da su ispitanici pod rednim brojem 6, 1983. godine, te 1 i 2, 1990. godine bili na scintigrafskim pretragama štitne žlijezde, odnosno bubrega. Ispitanik pod rednim brojem 4 bio je na snimanju kompletne kičme pet puta tokom 1990. godine.

Ispitanici 5 i 6 također su bili dijagnostički ozračivani tri odnosno dvije godine prije posljednje analize (Tablica 1).

Pojavu bicentričnih kromosoma i visok broj acentričnih fragmenata kod ispitanika 1, 2 i 4 u 1990. i 6 u 1984. svakako se može povezati i sa dijagnostičkim ozračivanjem (8,9). Koliki je doprinos dijagnostičkog ozračivanja nakon dvije odnosno tri godine vrlo je teško procijeniti.

Dodatna fizikalno dozimetrijska mjerenja sigurno mogu dati neke odgovore za pojedine slučajeve, ali će ostati i brojne dileme. Kako bi mogli procijeniti točnije radijacioni rizik pojedinih radnih mjesta na osnovu rezultata zdravstvenih pregleda, fizikalnih mjerenja i analize kromosomskih aberacija, smatramo da bi bilo uputno osobama zaposlenim u zoni ionizirajućeg zračenja prije upućivanja na dijagnostičke pretrage tipa angiografije, scintigrafije, te pretrage koje iziskuju kombinaciju snimanja i dijaskopije, načiniti analizu na kromosomske aberacije.

ABSTRACT

As a part of medical surveillance chromosome aberration assay was proceeded on 30 persons occupationally exposed to ionizing radiation working in the Department of nuclear medicine. In eight persons bicentric chromosomes were found. On the base of anamnestic data it could be persumed that the appearance of this pathological changes might be caused by diagnostic irradiation and not by the occupational exposition. We suggest that for such persons chromosome aberration assay should be led before any diagnostic procedures which can affect genetic pool.

LITERATURA

1. Tubiama, M. Clinical treatments of leukemia by spenic irradiation, in: Cell Survival After Low Doses of Radiation: Theoretical and Clinical Implication (T.Alper ed.) John Wiley and Sons, London, 303-377 (1975).
2. Henry, J.H. and Lord, B.I. The analysis of the early and late response to cytotoxic insults in the hemopoetic cell hierarchy, in: Cytotoxic Insult to tissue: Effects on Cell Lineages (S.C.Potten and J.H.Henry eds.) Churchill-Livingstone, Edinburg 1-16 (1983).
3. Hopewell, J.W. The importance of vascular damage in the development of late radiation effects in normal tissues, in: Radiation Biology in Cancer Research (R.E.Meyn and H.R.Withers, eds.) Raven Press, New York, 449-459 (1980).
4. Leny, U., Schuttman, W., Arndt, D. et al. Late effects of ionizing radiation on the human skin after occupational exposute, in: Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vol. 1 IAEA, Vienna, 321-329 (1978).

5. Evans, H.J. The response of human chromosomes to ionizing radiations in vitro. Proc. Royal. Soc. Edinburgh 70, 132-151 (Sect.B) (1968).

6. Kato, H., Chimcs, H. Sister chromatid exchanges induced by mitomycin C, A new method of deteected DNA damage at chromosomal level. Mutat. Res. 28, 459 (1975).

7. Sarolta, G., Varga, L.P. Chromosomal aberrations in healthy persons. Mutat. Res. 120, 187-191 (1983).

8. Barjaktarović, N., Pendić, B., Čović, A., Pendić, S., Dimitrijević, B. Radiorenografija sa hipuranom J-131 i hromosomske promene u dece, I kongres nuklearne medicine, Split, Zbornik radova 481-484 (1974).

9. Handagy, W., Stephan, G. Chromosomal aberrations in peripheral lymphocytes of patients exposed to diagnostic X-irradiation in combination with contrast medium, Biological effects of low-level radiation, Proceedings of an international symposium, IAEA and WHO, Venice, Italy, 165-169 (1983).

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZASTITU OD ZRACENJA
NEUM, 28.-31.05.1991.GOD

HROMOZOMSKE ABERACIJE U USLOVIMA PROFESIONALNE EKSPOZICIJE JONIZUJUCEM ZRACENJU

Budislava Markovic, Gordana Joksic, Dusan Panov

UKC-Institut za medicinu rada i radiolosku

zastitu "Dr Dragomir KarajoviC",Beograd,

Deligradska 29

Rezime: U ovom radu prikazani su rezultati visegodisnjeg ispitivanja hromozomskih aberacija kod lica koja su profesionalno izlozena dejstvu jonizujuceg zracenja. Ispitanici su svrstani u grupe prema vrsti posla koju obavljaju. rezultati pokazuju da je ucestalost hromozomskih aberacija znatno veca u grupi koja radi sa radionuklidima u odnosu na odgovarajuci profil koji radi sa zatvorenim izvorima zracenja istog ekspozicionog staza. Pored toga, kod ljudi koji rade sa radionuklidima zapaza se veca ucestalost specificnih hromatidnih aberacija tipa simetricnih i asimetricnih hromatidnih izmena i triradijala.

Uvod

Analiza strukturnih hromozomskih aberacija, kao pouzdana biodozimetrijska metoda ima izvanredan znacaj u odredjivanju apsorbovanih doza jonizujuceg zracenja prilikom akutnih akcidentalnih ozracivanja, ili u slucajevima kontaminacija radionuklidima koji se ravnomerno rasporedjuju u organizmu (1). U uslovima profesionalne ekspozicije, analiza hromozomskih aberacija ima kvalitativni karakter i radi se u slucajevima kada medicinski parametri ili dozimetrijski podaci ukazuju na moguce ozracivanje.

U ovom radu prikazani su rezultati petogodisnjeg kontinuiranog pracenja hromozomskih aberacija kod razlicitih grupa ljudi profesionalno izlozenih dejstvu jonizujuceg zracenja. Najveci broj ispitanika cine zdravstveni radnici .

Materijal i metode

Za analizu hromozomskih aberacija koriscena je modifikovana mikrometoda (2), za limfocite periferne krvi, i klasicna citogenetska tehnika (analiza 200 metafaza po ispitaniku) na vremenu fiksacije kultura 48^h. Detalji primenjenih tehnika i koriscenih hemikalija dati su u nasim ranijim radovima (3).

Rezultati

Rezultati analize hromozomskih aberacija prikazani su na tabelama 1,2,3 i 4 . Ispitanici su grupisani prema vrsti posla koju obavljaju i prema izvoru zracenja koji pri radu koriste. Procenat ispitanika sa povecanom ucestaloscu hromozomskih aberacija kod radiologa je 13.5, rendgentehnicara 17,9 , nuklearne medicine 27.3 i tricijuma 26.3.

RADIOLOZI 1986-1990

broj ispitanika	hromozomske aberacije broj ispitanika sa: dicentricnim hromozomima	prstenastim hromozomima	AF	translokacij. i inverzija	hromatidne izmene
96	5	4	19	4	
procenat ispitanika sa povecanom ucestaloscu hromozomskih aberacija				13.54%	/ sa multipnim promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.				5.20%	

RENDGENTEHNICARI 1986-1990

broj ispitanika	hromozomske aberacije broj ispitanika sa: dicentricnim hromozomima	prstenastim hromozomima	AF	translokacij. i inverzija	hromatidne izmene
285	26	13	33	9	1
procenat ispitanika sa povecanom ucestaloscu hromozomskih aberacija				17.89%	2.4% sa multip. promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.				9.12%	

Tabela 1.

NUKLEARNA MEDICINA 1986-1990					
MEDICINSKE SESTRE-TEHNICARI					
broj ispitanika	hromozomske aberacije broj ispitanika sa: dicentricnim hromozomima	prstenastim hromozomima	AF	translokacija i inverzija	hromatidne izmene
44	5	4	10	1	3
procenat ispitanika sa povecanom ucestalocu hromozomskih aberacija			27.27%		4.54% sa multipnim promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.		9.09%			
LEKARI,FARMACEUTI, BIOLOZI,FIZICARI NA ELUIRANJU GENERATORA					
38	7	4	3	3	2
procenat ispitanika sa povecanom ucestalocu hromozomskih aberacija			28.57%		5.26% sa multipnim promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.		30%			
PERACI POSUDJA					
3	1	/	/	/	

Tabela 2.

TRICIJUM GAS 1986-1990					
broj ispitanika	hromozomske aberacije broj ispitanika sa: dicentricnim hromozomima	prstenastim hromozomima	AF	translokacija i inverzija	hromatidne izmene
38	6	5	9	2	2
procenat ispitanika sa povecanom ucestalocu hromozomskih aberacija			26.31%		13.15% sa multipnim promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.		15.78%			

Tabela 3.

TRICIJUM IZ RADIOAKTIVNE SVETLEDE BOJE "SILLMA III"					
broj ispitanika	hromozomske aberacije broj ispitanika sa: dicentricnim hromozomima	prstenastim hromozomima	AF	translokacija i inverzija	hromatidne izmene
12	/	/	6	1	/
procenat ispitanika sa povecanom ucestalocu hromozomskih aberacija			8.33%		/ sa multipnim promenama
procenat ispitanika sa dicentricnim hr					
U MOMENTU OTRIVANJA INTERNE KONTAMINACIJE TRICIJUMOM					
12	6	4	6	2	/
procenat ispitanika sa povecanom ucestalocu hromozomskih aberacija			91.66%		83.33% sa multipnim prom
procenat ispitanika sa dicentricnim hr.		50%			

Tabela 4.

Diskusija

Po ucestalosti hromozomskih aberacija najvise skrecu paznju grupe koje rade sa otvorenim izvorima zracenja-radionuklidima, a to su radnici na industrijskoj primeni tricijuma i zdravstveni radnici u nuklearnoj medicini, gde je procenat ispitanika sa povecanom ucestaloscu hromozomksih aberacija znatno veci (27.3%-28.5%) u odnosu na grupe profesionalno izlozene zatvorenim izvorima zracenja (gde se procenat ispitanika sa povecanom ucest. hr. aberacija krece od 13.5%-17.9%).Takvi rezultati su svakako posledica veceg radijacionog rizika pri radu sa otvorenim izvorima zrcenja, ali i nedovoljne primene mera radioloske zastite.Pored toga zapaza se znatno veca ucestalost slozenih hromatidnih aberacija tipa simetricnih i asimetricnih izmena i triradijala,sto govori o specifinosti profesionalne ekspozicije radionuklidima.

CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN PERSONS PROFFESIONALLY EXPOSED TO IONISING RADIATION

Budislava Markovic, Gordana Joksic, Dusan Panov

The results of several years long study on chromosomal aberrations in persons professionaly exposed to ionising radiation are presented in this paper. The patients are classified in groups according to the type of work , with the particular cosideration given to the groups expoed to unsealed sources of radiation. The results indicate significantly greater incidence of chromosomal aberrations (27-28%) in the group dealing with radionuclides when compared to those exposed to sealed sources of radiation (13-18 %) with the same duration of exposure.

Literatura

1. Dolphin,G.W.Biological Dosimetry analyses with particular reference to chr. aberr. analysis.Proceed.Symp.Vienna,1969.
2. Morhead.P.S.et all Chromosome preparation of leukocytes cultured from human peripheral blood. Exp.Cell.Res. 20:613-616.
3. Joksic G.Markovic B. Dose esstimation in the case of accidental overexposure.Proceeding XIV -th regional Congress of IRPA .57-61.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
NEUM, 28-31.05. 1991.

KORELACIJA SKORA AKTIVNOSTI LEUKOCITNIH ENZIMA SA ABSORBOVANIM DOZAMA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

S. Milačić, V. Nikolić

UKC, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović", Beograd, Deligradska 29.

Analiziran je odnos skora aktivnosti leukocitnih enzima alkalne fosfataze (APL) i peroksidaze (MPO i EPO) i absorbovane doze (u mGy).

U profesionalno izloženih radnika računata je srednja godišnja absorbovana doza za desetogodišnji period expozicije i skor aktivnosti APL i MPO. Korelacija skora APL sa dozom je negativna, sa koeficijentom korelacije r= -o,46 što znači da aktivnost APL značajno opada sa dozom, ma da ne linearno. Korelacija MPO sa dozom je takodje negativna, ali statistički nesignifikantna, r= -o,28.

Pod uticajem velikih doza jonizujućeg zračenja (u terapijskim uslovima) skor MPO linearno opada sa dozom, dok APL u početku zračenja raste, a zatim, sa akumulacijom veće doze, ima izrazit pad.

Eozinofilna peroksidaza (EPO) ne korelira sa dozom jonizujućeg zračenja.

Uvod

Procena primljene doze u lica profesionalno izloženih jonizujućem zračenju rutinski se vrši ličnim dozimetrima (fim i termoluminiscentne pastile) koje nosi svaki radnik u toku rada u zoni zračenja. Absorbovana doza zračenja na celo telo radnika procenjuje se čitanjem energije koju je absorbovao dozimetar. Ukupno primljena doza za godinu dana je godišnja absorbovana doza i njena maksimalno dopuštena vrednost je 50 mGy. Srednja godišnja absorbovana doza radnika za duži period ekspozicije ukazuje na dinamiku i realnu ekspoziciju radnika u profesionalnim uslovima.

Bez obzira na veličinu doze koju celo telo primi, veličina biološkog efekta na raznim tkivima biće različita, u zavisnosti od njihove prirodne radiooseljivosti. Poznato je da su intracelularni enzimi najosetljiviji na zračenje.Alkalna fosfataza (APL) i peroksidaza su ključni konstituenti granula u citopla-

zmi leukocita i od posebnog su značaja za njihovu ulogu u odbrani organizma. APL nalazi se u sekundarnim granulama neutrofila, a peroksidaza u primarnim (mijeloperoksidaza-MPO) i u eozinofilna (eozinofilna peroksidaza -EPO).

Materijal i metode

Ispitivali smo aktivnost APL, MPO i EPO u ispitanika profesionalno izloženih jonizujućem zračenju (RŠ tehničara) od 10-15 godina. Enzimi su dokazivani semikvantitativnom modifikovanom metodom po Kaplow.[1] Razmazi kapilarne krvi citohemijski su bojeni i mikroskopirani. Aktivnost je izražavana u vidu skora[2]. Normalne vrednosti za APL su 20-80, a za MPO više od 80. Dobijene vrednosti skora uporedjene su sa srednjom godišnjom absorbovanom dozom svakog ispitanika (27), izraženom u mGy.

Da bi uporedili korelaciju aktivnosti enzima sa absorbovanom dozom u okviru malih doza, kakve su u profesionalnim uslovima, sa kretanjem aktivnosti enzima pod uticajem velikih doza, kakve su u akcidentalnim prilikama, prikazali smo APL, MPO i EPO pre, u toku i posle radioterapije. Lokalno je aplikovana u toku 6 nedelja ukupna doza 200 Gy, što odgovara dozi 2,6 Gy na celo telo, izračunatoj postavljanjem termoluminiscentnih pastila na površinu tela[3].

Rezultati i diskusija

Vrednosti srednjih godišnjih absorbovanih doza bile su od 0,40 do 19,61 mGy, sa prosečno 4,52.

Vrednosti skora APL u profesionalno izloženih ispitanika kretale su se od 15 do 96, sa srednjom vrednošću 39,5.

Korelacija skora i doze prikazana je na grafiku 1. Vidimo upadljiv pad linije regresije. Koeficijent korelacije je r= - o,46 (p = o,o14) što je signifikantno za 0,05 p 0,01.

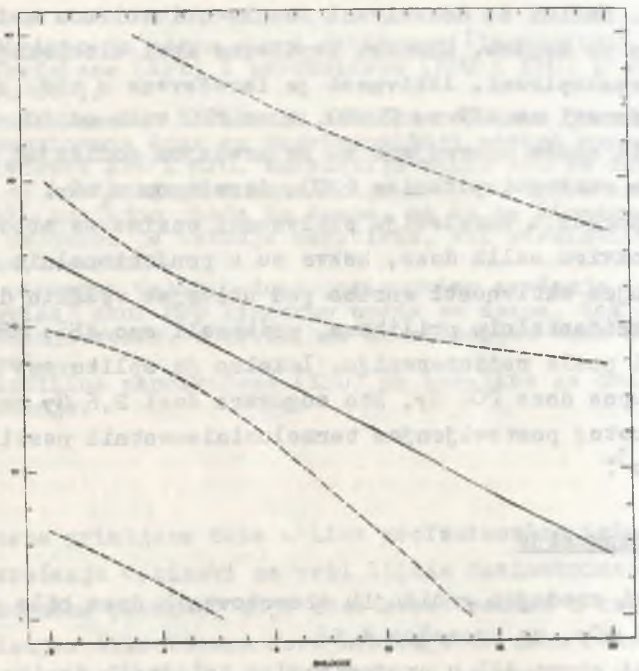
Vrednosti skora MPO su od 60 do 200, prosečno 132,29. Korelacija sa dozom prikazana je na grafiku 2. Uočava se blag pad linije regresije. Koeficijent korelacije je r= 0,28(p= 0,16) što nije statistički signifikantno. Korelacija EPO sa absorbovanom dozom prikazana je na grafiku 3. Linija regresije je gotovo paralelnog pravca sa X osom, r= 0,006 (p 0,05)

Grafik 4 pokazuje vrednosti APL u ispitanika u toku zračne terapije.

Uočava se ushodan tok krive u prvom i upadljiv pad u drugom delu, sa kumulacijom veće doze.

Na grafiku 5 je upadljiv linearan pad krive koja pokazuje da se skor MPO snižava u toku zračenja velikim dozama.

Grafik 6 pokazuje blag pad krive koja označava aktivnost EPO u toku zračne terapije.



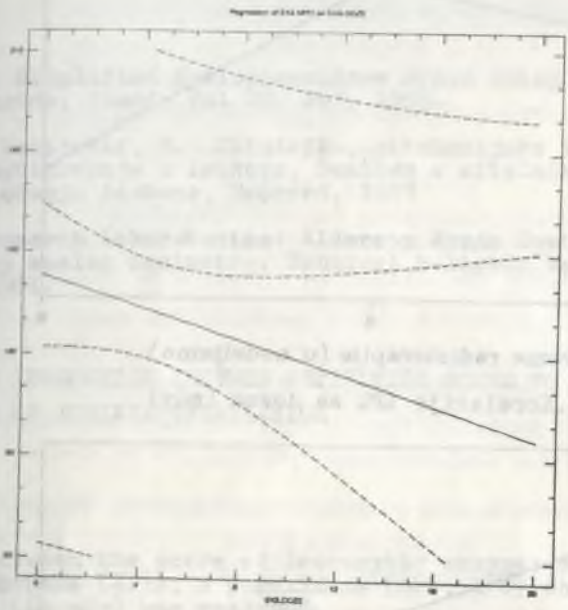
Grafik 1. Korelacija skora APL sa dozom(mGy)

Zaključak

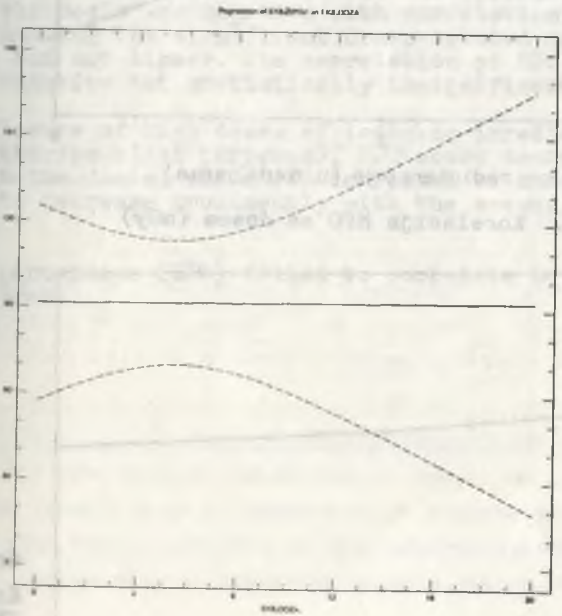
Pod uticajem malih doza u profesionalnim uslovima,aktivnost APL značajno opada sa dozom ma da ne linearno.

Pod uticajem velikih doza skor MPO linearno opada sa dozom i vremenom zračenja dok APL u početku zračenja raste, a zatim ima izrazit pad.

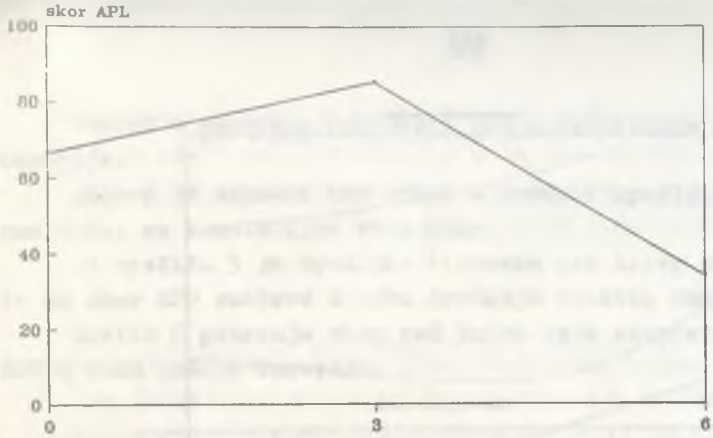
EPO ne korelira sa dozom jonizujućeg zračenja.



Grafik 2. Korelacija skora MPO sa dozom(mGy)

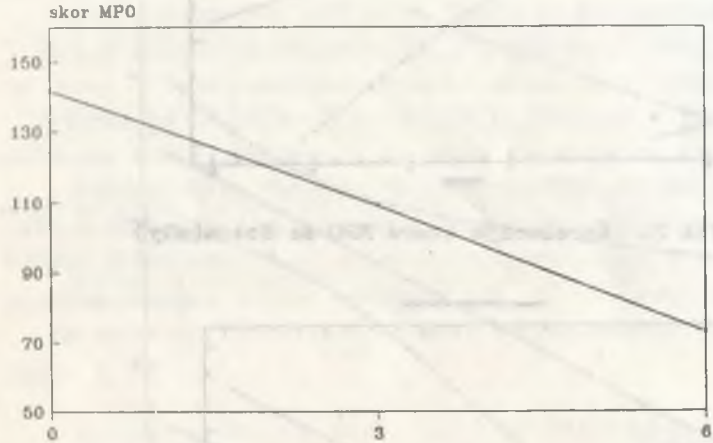


Grafik 3. Korelacija EPO sa dozom(mGy)



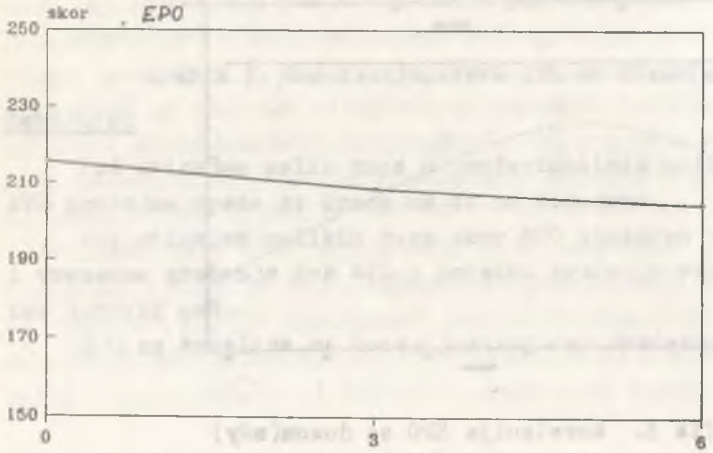
vreme radioterapije (u nedeljama)

Grafik 4.Korelacija APL sa dozom (mGy)



vreme radioterapije (u nedeljama)

Grafik 5. Korelacija MPO sa dozom (mGy)



vreme radioterapije (u nedeljama)

Grafik 6. Korelacija EPO sa dozom(mGy)

Literature:

1. Kaplow, LS: Simplified Myeloperoxidase Stain Using Benzidine Dihydrochloride, Blood, Vol 26, No2, 1965.

2. Jančić M., Banićević, B.: Citološko, citohemijsko i hromozomsko dijagnostikovanje u leukoza, Seminar o citološkoj dijagnostici i lečenju leukoza, Beograd, 1969

3. Alderson Research Laboratories: Alderson Rondo System, radiotherapy analog dosimetry, Tehnical bulletin No 35, New York, 1961.

CORRELATION OF LEUCOCYTIC ENZYMES ACTIVITIES SCORE TO ABSORBED DOSES OF IONIZIN IRRADIATION

Abstract

The relation between the score of leucocytic enzymes activities, alcaline phosphatase (APL), a peroxidase (MPO, EPO) and the absorbed doses (in mGy) was analysed.

In professionally exposed individuals, the mean anually absorbed dose was calculated for the ten-year period of exposure as well as APL and MPO activities score. The correlation of APL score to the dosis was negative with correlation coeficient of r= -0.46, showing the significant doses-related decrease of APL activity, but not linear. The correlation of MPO to the dosis was also negative but statistically insignificant, r=-0.28.

Under the influence of high doses of ionizing irradiation (applied for therapeutical purposes), MPO score decreased linearly along with the dosis, while APL increased at the initial irradiation, to decrease prominently with the accumulation of higher doses.

Eosinophilic peroxidase (EPO) failed to correlate to ionizing irradiation doses.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
Neum 1991 god

ALFA DOZNI FAKTORI ZA PET REŽNJEVA T-B STABLA

D.Nikezić, P. Marković
Prirodno matematički fakultet- Kragujevac

Uvod

U ovom radu su dati rezultati računanja alfa doznih faktora za svih pet režnjeva traheo-bronhijalnog stabla. Pod alfa doznim faktorom se podrazumeva apsorbovana doza u sloju bazalnih ćelija T-B stabla, po jediničnoj ravnotežnoj površinskoj aktivnosti na unutrašnoj površini vazdušnih puteva T-B stabla.

Proračun apsorbovane doze po jediničnoj nataloženoj aktivnosti u bronhijalnom stablu

Potrebno je izračunati apsorbovanu dozu u bronhijalnoj cevi po jediničnoj nataloženoj aktivnosti po jediničnoj površini. U tu svrhu napravljen je sledeći model bronhije; to je cev dužine H, i unutrašnjeg poluprečnika r_1. Zid cevi se sastoji iz četiri sloja i to; sloj mukusa, sloj cilija, epitel i bazalni sloj. Debljina sloja mukusa iznosi 10 μm za traheju, i 7,5 μm za ostale delove bronhijalnog stabla. Debljina bazalnog sloja je jednaka za sve delove bronhijalnog stabla i iznosi 7,5 μm. Debljina sloja cilija je 7,5 μm i takođe je jednaka za sve delove bronhijalnog stabla. Debljina sloja epitela je različita zavisno od generacije bronhija (bronhiola) i odgovarajući podaci su preuzeti iz /Ga 72/. Debljina sloja epitela za traheju je 80 μm, za 1,2,3 i 4 generaciju debljina je 50μm, za 5 i 6 je 20 μm i za preostale generacije debljina iznosi 15 μm. Prema iznetim podacima rastojanje d, od unutrašnje površine bronhije do sloja bazalnih ćelija iznosi:

$$d=7,5\ \mu m+\text{debljina epitela} \qquad (1)$$

Alfa emiteri se nalaze na unutrašnjoj površini bronhijalne cevi. Radioaktivni aerosoli su "rastvoreni" u sloju mukusa. Zbog toga je opravdana pretpostavka koja je prihvaćena u ovom radu, a to je da su alfa emiteri homogeno raspoređeni u sloju mucusa.

U ovom radu je prihvaćen Yeh-Schumov /Ye80/ geometrijski model ljudskih pluća. Zaustavna moć za alfa čestice u tkivu je računata po formuli preuzetoj iz rada /Ha 72/. Preostali detalji modela i simulacije kretanja alfa čestice u sistemu "bronhija" su dati u referenci /Ni 90/, i ovde neće biti navođeni.

Rezultati računanja

Računat je konverzioni koeficijenat koji daje apsorbovanu dozu po jednoj emitovanoj alfa čestici po jedinici unutrašnje površine bronhije i to u jedinicama Gy/Bqm^2. Računanje je obavljeno za svih 5 režnja traheo-bronhijalnog trakta, za svaku bronhiju (bronhiolu), i to za energije E=7,69 MeV (^{214}Bi) i E=6MeV (^{218}Po). Broj simulacija po jednom računanju (za jednu bonhiju je 5000). Rezultati računanja su dati u tablicama 1, 2, 3, i 4.

Tab.1: alfa dozni faktori $10^4 Gy/Bq/m^2$-desno plućno krilo; E=7,69 MeV

Generacija	Gornji režanj	Srednji režanj	Donji režanj
0	0	0	0
1	$0,651\cdot10^{-10}$	$0,651\cdot10^{-10}$	$0,651\cdot10^{-10}$
2	$0,118\cdot10^{-8}$	$0,115\cdot10^{-9}$	$0,115\cdot10^{-9}$
3	$0,459\cdot10^{-8}$	$0,638\cdot10^{-9}$	$0,211\cdot10^{-8}$
4	$0,332\cdot10^{-8}$	$0,299\cdot10^{-8}$	$0,268\cdot10^{-8}$
5	$0,417\cdot10^{-7}$	$0,313\cdot10^{-7}$	$0,291\cdot10^{-7}$
6	$0,143\cdot10^{-6}$	$0,143\cdot10^{-6}$	$0,413\cdot10^{-7}$
7	$0,196\cdot10^{-6}$	$0,225\cdot10^{-6}$	$0,157\cdot10^{-6}$
8	$0,491\cdot10^{-6}$	$0,687\cdot10^{-6}$	$0,267\cdot10^{-6}$
9	$0,169\cdot10^{-5}$	$0,223\cdot10^{-5}$	$0,263\cdot10^{-6}$
10	$0,623\cdot10^{-5}$	$0,755\cdot10^{-5}$	$0,313\cdot10^{-6}$
11	$0,147\cdot10^{-4}$	$0,310\cdot10^{-4}$	$0,113\cdot10^{-5}$
12	$0,517\cdot10^{-4}$	$0,713\cdot10^{-4}$	$0,376\cdot10^{-5}$
13	$0,132\cdot10^{-3}$	$0,2\cdot10^{-3}$	$0,116\cdot10^{-4}$
14			$0,362\cdot10^{-4}$
15			$0,862\cdot10^{-4}$
16			$0,228\cdot10^{-3}$

Tab.2: alfa dozni faktori u 10^4Gy/Bq/m^2-desno plućno krilo; E=6,0 MeV

Generacija	Gornji režanj	Srednji režanj	Donji režanj
0 - 4	0	0	0
5	$0,258\cdot10^{-7}$	$0,185\cdot10^{-7}$	$0,176\cdot10^{-7}$
6	$0,971\cdot10^{-7}$	$0,925\cdot10^{-7}$	$0,263\cdot10^{-7}$
7	$0,159\cdot10^{-6}$	$0,185\cdot10^{-6}$	$0,127\cdot10^{-6}$
8	$0,411\cdot10^{-6}$	$0,583\cdot10^{-6}$	$0,220\cdot10^{-6}$
9	$0,149\cdot10^{-5}$	$0,197\cdot10^{-5}$	$0,221\cdot10^{-6}$
10	$0,523\cdot10^{-5}$	$0,632\cdot10^{-5}$	$0,250\cdot10^{-6}$
11	$0,125\cdot10^{-4}$	$0,265\cdot10^{-4}$	$0,908\cdot10^{-6}$
12	$0,449\cdot10^{-4}$	$0,621\cdot10^{-4}$	$0,314\cdot10^{-5}$
13	$0,119\cdot10^{-3}$	$0,181\cdot10^{-3}$	$0,103\cdot10^{-4}$
14			$0,323\cdot10^{-4}$
15			$0,765\cdot10^{-3}$
16			$0,199\cdot10^{-3}$

Tab.3: alfa dozni faktori 10^4Gy/Bq/m^2-levo plućno krilo; E=6,00 MeV

Generacija	Gornji režanj	Donji režanj
0 - 4	0	0
5	$0,399\cdot10^{-7}$	$0,542\cdot10^{-7}$
6	$0,735\cdot10^{-7}$	$0,541\cdot10^{-7}$
7	$0,291\cdot10^{-6}$	$0,204\cdot10^{-6}$
8	$0,303\cdot10^{-6}$	$0,325\cdot10^{-6}$
9	$0,125\cdot10^{-5}$	$0,395\cdot10^{-6}$
10	$0,286\cdot10^{-5}$	$0,653\cdot10^{-6}$
11	$0,764\cdot10^{-5}$	$0,154\cdot10^{-5}$
12	$0,188\cdot10^{-4}$	$0,540\cdot10^{-5}$
13	$0,517\cdot10^{-4}$	$0,229\cdot10^{-4}$
14	$0,134\cdot10^{-3}$	$0,775\cdot10^{-4}$
15	-	$0,172\cdot10^{-3}$

Zaključak

Iz podataka koji su izneti u datim tablicama vidi se da je apsorbovana doza po jedinici površine po jednoj emitovanoj alfa čestici u jedinici vremena zavisna od više faktora; to su rastojanje "d" od sloja cilija do sloja bazalnih ćelija, energije alfa zračenja i dimenzija same bronhije. Najkritičniji parametar je rastojanje d . Bazalni sloj traheje nije izložen dejstvu alfa

zračenja obe energije, kao ni prve četiri generacije energijama 6MeV.

Tab.4: alfa dozni faktori 10^4 Gy/Bq/m^2 - levo plućno krilo; E=7,69 MeV

Generacija	Gornji režanj	Donji režanj
0	0	0
1	$0,316 \cdot 10^{-10}$	$0,316 \cdot 10^{-10}$
2	$0,830 \cdot 10^{-9}$	$0,694 \cdot 10^{-9}$
3	$0,208 \cdot 10^{-8}$	$0,117 \cdot 10^{-8}$
4	$0,448 \cdot 10^{-8}$	$0,347 \cdot 10^{-8}$
5	$0,636 \cdot 10^{-7}$	$0,826 \cdot 10^{-7}$
6	$0,113 \cdot 10^{-6}$	$0,977 \cdot 10^{-7}$
7	$0,354 \cdot 10^{-6}$	$0,250 \cdot 10^{-6}$
8	$0,366 \cdot 10^{-6}$	$0,389 \cdot 10^{-6}$
9	$0,143 \cdot 10^{-5}$	$0,465 \cdot 10^{-6}$
10	$0,344 \cdot 10^{-5}$	$0,798 \cdot 10^{-6}$
11	$0,914 \cdot 10^{-5}$	$0,188 \cdot 10^{-5}$
12	$0,219 \cdot 10^{-4}$	$0,646 \cdot 10^{-5}$
13	$0,569 \cdot 10^{-4}$	$0,256 \cdot 10^{-4}$
14	$0,147 \cdot 10^{-3}$	$0,850 \cdot 10^{-4}$
15	-	$0,192 \cdot 10^{-3}$
16	-	-

Ovde je potrebno napomenuti da se debljina epitela, a samim tim i rastojanje do biološki osetljive mete menja od pojedinca do pojedinca, a da vrednosti sa kojima je ovde računato, jesu srednje vrednosti uzete iz reference /Ga 72/.

U tablicama 1- 4 uočljiv je jak porast alfa doznog faktora sa porastom generacije bronhije. Ovako jak porast izazvan je dejstvom više faktora; a) smanjenje dimenzija bronhija, b) smanjenje debljine epitela i c) smanjenje mase sloja bazalnih ćelija.

Abstract

Alpha dose factors for five lobes of the human lung are given in this paper. Gastineau's distribution of the ephitel thickness, and Yeh Schum's lung model were applied in our calculations.

Reference

Ga 72 Gastineau R.M., Walsh P.,Underwood N.;Health Physic 23, p857, 1972
Ha 72 Harley N.H., Pasternck B,S.; , Health Physics 23, p.771, 1972
Ni 90 D. Nikezić, disertacija, PMF- Kragujevac, 1990
Ye 80 Yeh H.C., Schum G.M.; Bull. Math. Biol. 42, p.461, 1980

ODNOS DOZE X ZRACENJA I HROMOZOMSKIH ABERACIJA U CELIJAMA KOSTANE SRZI SVINJE

Slijepcevic P, Kljajic R., Horsic E., Hasanbasic D.
Veterinarski fakultet, Zavod za radiologiju, V. Putnika 1-4, Sarajevo.

REZIME

U radu su diskutovani rezultati analize hromozomskih aberacija indukovanih X zracenjem u celijama kostane srzi svinje.
Rezultati su statisticki obradjeni i matematicki interpretirani koristenjem vlastitog softvera.
Matematicki parametri dobijeni ovim istrazivanjem razlikuju se od istih opserviranih za limfocite periferne krvi svinje. Razlika je vjerovatno posljedica asinhronosti clijske populacije kostane srzi.

UVOD

Cinjenica da jonizujuce zracenje izaziva hromozomske aberacije koristi se od sezdesetih godina kao osnova citogenetske dozimetrije (1,3). Frekvencija dicentricnih i prstenastih hromozoma, iz limfocita periferne krvi je izvanredno sredstvo za procjenu apsorbovane doze zracenja. Na osnovu raspolozivih literaturnih podataka evidentno je da je ovom metodom moguce registrovati doze zracenja od 0,1 Gy i nize (2).
Brza procjena apsorbovane doze zracenja, je neophodna u akcidentalnim uslovima. Posto celije kostane ne zahtijevaju dodatnu kultivaciju jer su visokoproliferativne, predstavljaju idealan materijal za ovu svrhu.
Da bi se mogla procijeniti apsorbovana doza zracenja na ovaj nacin neophodna je izrada doza-efekat krive. Svrha ovog rada je da prezentira doza-efekat odgovor celija kostane srzi svinje na X zracenje, u in vitro uslovima.

MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci kostane srzi svinja ozracivani su dozama 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 i 3.0 Gy terapeutskim rendgenskim aparatom firme "Simens". Udaljenost fokusa od uzorka iznosila je 1 m, a brzina doze 21 $nCkgh^{-1}$. Za vrijeme ozracivanja uzorci su bili u sterilnim flakonima, omotanim vlaznom gazom. Vrijeme ozracivanja iznosilo je 30 sec, 1 min, 2 min 30 sec, 5 min, 10 min, 15 min. Preracunavanje ekspozicionih doza u apsorbovane vrseno je korekcionim faktorom 0,9654.
Preparacija hromozoma radjena je direktnom metodom bez kultivacije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati analize hromozomskih komplemenata na prisustvo hromozomskih aberacija prikazani su tabelarno (Tabele 1. i 2.). Statisticko-matematica interpretacija rezultata neophodna za izradu odgovarajuce doza-efekat krive vrsena je upotrebom vlastitog softvera. Za ovu svrhu najpogodniji matematicki model je linearno kvadratna funkcija koja je u nasim uslovima izgledala ovako:

$$Y = 1,6657\ E\text{-}02\ D^2 + 1,6403\ E\text{-}02\ D + 1,1608\ E\text{-}03$$

Iz ovoga je vidljivo da su hromozomske aberacije u celijama kostane srzi indukovane x-zracenjem reprezentovane gotovo jednako

Tabela 1. Hromozomske aberacije u celijama kostane srzi svinje indukovane X-zracenjem.

Doza Gy	Broj analiz. celija	Hromatidne aberacije del.	Hromatidne aberacije izmj.	Hromozomske aberacije del.	Hromozomske aberacije izmj.	Numericke aberacije	%
0,00	480	0	1	0	0	0	0,21
0,10	460	2	0	0	0	1	0,65
0,20	428	0	2	1	0	2	1,17
0,50	420	0	3	1	0	2	1,43
1,00	434	5	3	2	1	2	2,99
2,00	408	10	8	16	10	1	11,03
3,00	411	26	18	22	15	2	20,19

s linearnim i kvadratnim parametrom. Ovo je u suprotnosti sa rezultatima dobijenim u prethodnoj fazi istrazivanja za limfocite periferne krvi po kojima je vecina aberacija reprezentovana kvadratnim parametrom (4). Razlog za ovu razliku je vjerovatno asinhronost populacije celija kostane srzi odnosno razlicita osjetljivost pojedinih celija na zracenje.
Medjutim to ne znaci da su celije kostane srzi radiorezistentnije od limfocita. Limfociti periferne krvi su celije u GO fazi celijskog ciklusa i predstavljaju populaciju sa istom radiosjetljivoscu. Posto celije kostane srzi nisu sinhrona populacija, nego ima celija u svim fazama ciklusa sigurno da sve ne odgovaraju isto na zracenje a odgovor nekih od njih se i ne opservira zbog celijske smrti izazvane nestabilnim aberacijama.

Tabela 2. Distribucija hromozomskih aberacija

Doza (Gy)	Br. anal cel.	0	1	2	3	4
0,00	480	479	1	0	0	0
0,10	460	468	2	0	0	0
0,20	428	423	3	0	0	0
0,50	420	415	5	0	0	0
1,00	434	424	9	1	0	0
2,00	408	368	36	3	1	0
3,00	411	342	61	5	2	1

LITERATURA

1. Dolphin G.W.: A review of in vitro dose-effect relationship. In Mutagen induced chromosome damage in man, edited by H.J.Evans and D.C.Lloyd, Edinburgh University Press, 1978.
2. IAEA: Biological dosimetry: Chromosomal aberrations analysis for dose assessment. Technical reports series, No. 260, Vienna 1986.
3. Lloyd D.C., Purrott R.J.: Chromosome aberration analysis in radiological protection dosimetry. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 1, No.1, 19-28, 1981.
4. Slijepcevic P.: Odnos doze X zracenja i hromozomskih aberacija u limfocitima svinje. Magistarski rad, Veterinarski fakultet, Sarajevo 1990.

THE RELATIONSHIP BETWEEN DOSE OF X IRRADIATION AND CHROMOSOMAL ABERRATIONS BONE MARROW CELLS OF THE PIG

RESUME

The results of chromosomal aberrations analysis in bone marrow cells of the pig, induced by X-rays are disscused.
The results are statistically and matematically interpreted using our own softver.
Matematical parameters obtained, show difference from those observed for peripheral blood lymphocytes of the pig. The difference is probably consequence of asynchrony of cell population of bone marrow.

MUTAGENETSKI RIZIK U PROIZVODNJI MINERALNIH GNOJIVA

Šentija K., Horvat Đ.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak Tokom proizvodnje mineralnih gnojiva iz fosfatnih ruda koje sadrže prirodne radionuklide urana i torija, u radnoj sredini dolazi do pojave tehnološki povišene radioaktivnosti i kemijske polucije. Ona izaziva značajne promjene na genomu ljudskih somatskih stanica. Metodom analize na strukturne aberacije kromosoma utvrdili smo promjene na kromosomima čija je učestalost kod profesionalno izloženih ispitanika značajno povišena u odnosu na kontrolnu skupinu. Postotak aberacija raste proporcionalno s trajanjem ekspozicije, što ukazuje na kumulativni mutageni efekt kemijskih i radiotoksičnih noksi.

Uvod

Za dobivanje fosforne kiseline, koja se primjenjuje kao intermedijer u proizvodnji mineralnih gnojiva, koristi se fosfatna ruda sa povišenih sadržajem prirodnih radionuklida ^{226}Ra, ^{235}U, ^{238}U i produkata njihovog raspadnog niza (1,2). Tokom proizvodnje dolazi do emisije štetnih kemijskih i radiotoksičnih polutanata u radnu sredinu. Istovremeno su prisutna onečišćenja radnog okoliša u obliku sirovinske prašine (fluor--apatita), finalnog produkta (fosforne kiseline), nusprodukti kemijskih reakcija (plinoviti epluenti koji sadrže spojeve fluora), te radionuklidi U i Th s potomcima. Mjerenja unutar pogona pokazala su povremeno višestruki porast radioaktivnih supstanci u odnosu na dozvoljenu razinu (1,3). Procesno osoblje u pogonu za proizvodnju fosforne kiseline svakodnevno je izloženo simultanom djelovanju kemijskih i radiotoksičnih polutanata, što dovodi do oštećenja genoma somatskih stanica. Iz tog razloga provedena je usmjerena mutagenetska studija. Pozitivnim rezultatom analize kromosoma na strukturne aberacije, ukazalo bi se na mutagenetski rizik osoblja iz proizvodnje mineralnih gnojiva.

Materijal i metode

Mutagenetskim monitoringom obuhvaćeno je 25 radnika iz pogona za proizvodnju fosforne kiseline u tvornici mineralnih gnojiva. Ispitanici su svakodnevno izloženi djelovanju kemijskih polutanata i tehnološki povišenoj radioaktivnosti. Muškog su spola, pušači, s prosječnim radnim stažom od 6,04 ± 2,46 godine.

Kao mutagenetski test korištena je konvencionalna analiza na strukturne aberacije kromosoma iz kratkotrajne kulture limfocita periferne krvi. Za svakog ispitanika obje skupine analizirano je 200prvih in vitro metafaza. Učestalost pojedinog tipa

strukturnih aberacija kromosoma izražena je kao srednja vrijednost za eksponiranu i kontrolnu grupu ispitanika. Kontrolna skupina sadrži 16 ispitanika istog spola i socioekonomskog statusa kao i ispitivana grupa, ali bez profesionalne izloženosti. Da bi se uočio kumulativni učinak polutanata u odnosu na radni staž ili trajanje ekspozicije, ispitanici su podijeljeni u tri skupine.

Statistička značajnost razlike učestalosti pojedinog tipa kromosomskih aberacija između ispitivane i kontrolne grupe testirana je χ^2-testom na razini značajnosti od 95% ($P < 0,05$).

Rezultati i diskusija

Kod eksponiranog procesnog osoblja utvrđeni su kromatidni i kromosomski lomovi, te acentrični fragmenti. Njihova učestalost je u odnosu na kontrolnu skupinu statistički značajno povišena ($P < 0,05$). U istih ispitanika prisutna su i složenija strukturna oštećenja kromosoma kao što su bicentrični i prstenasti kromosomi te simetrične tetraradijalne izmjene. Takove promjene ne nalazimo u kontrolnoj skupini kao ni u literaturi koja obrađuje opću populaciju (4,5) (Tablica 1).

Tablica 1. Radni staž i tipovi aberacija u ispitivanoj i kontrolnoj skupini

Ispitanici	Radni staž	Tipovi aberacija kromosoma					% Aberacija
		Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Bicentrik	Ring	Tetraradius	
Ispitivana skupina	6,04 ± 2,46	3,64 ± 1,90	2,64 ± 1,62	1,8 ± 1,34	0,56 ± 0,74	0,04 ± 0,2	0,12 ± 0,34	4,12 ± 2,03
Kontrolna skupina	7,05 ± 1,8	1,5 ± 0,76	0,75 ± 0,86	0,62 ± 0,79				1,32 ± 0,65

Vidljiv je porast aberacija ovisan o trajanju ekspozicije. Takav rezultat ukazuje na kumulativni učinak kemijske i radiotoksične nokse (Tablica 2).

strukturnih aberacija kromosoma izražena je kao srednja vrijednost za eksponiranu i kontrolnu grupu ispitanika. Kontrolna skupina sadrži 16 ispitanika istog spola i socioekonomskog statusa kao i ispitivana grupa, ali bez profesionalne izloženosti. Da bi se uočio kumulativni učinak polutanata u odnosu na radni staž ili trajanje ekspozicije, ispitanici su podijeljeni u tri skupine.

Statistička značajnost razlike učestalosti pojedinog tipa kromosomskih aberacija između ispitivane i kontrolne grupe testirana je χ^2-testom na razini značajnosti od 95% ($P < 0,05$).

Rezultati i diskusija

Kod eksponiranog procesnog osoblja utvrđeni su kromatidni i kromosomski lomovi, te acentrični fragmenti. Njihova učestalost je u odnosu na kontrolnu skupinu statistički značajno povišena ($P < 0,05$). U istih ispitanika prisutna su i složenija strukturna oštećenja kromosoma kao što su bicentrični i prstenasti kromosomi te simetrične tetraradijalne izmjene. Takove promjene ne nalazimo u kontrolnoj skupini kao ni u literaturi koja obrađuje opću populaciju (4,5) (Tablica 1).

Tablica 1. Radni staž i tipovi aberacija u ispitivanoj i kontrolnoj skupini

Ispitanici	Radni staž	Tipovi aberacija kromosoma						% Aberacija
		Kromatidni lom	Kromosomski lom	Acentrik	Bicentrik	Ring	Tetraradius	
Ispitivana skupina	6,04 ± 2,46	3,64 ± 1,90	2,64 ± 1,62	1,8 ± 1,34	0,56 ± 0,74	0,04 ± 0,2	0,12 ± 0,34	4,12 ± 2,03
Kontrolna skupina	7,05 ± 1,8	1,5 ± 0,76	0,75 ± 0,86	0,62 ± 0,79				1,32 ± 0,65

Vidljiv je porast aberacija ovisan o trajanju ekspozicije. Takav rezultat ukazuje na kumulativni učinak kemijske i radiotoksične nokse (Tablica 2).

Tablica 2. **Odnos trajanja profesionalne ekspozicije i postotka strukturnih aberacija kromosoma**

Radni staž / godine	2,36 ∓ 1,54	6,75 ∓ 2,60	8,71 ∓ 2,95
% Aberacija	3,14 ∓ 1,77	3,95 ∓ 1,99	5,71 ∓ 2,39

Kako se mutacije somatskih stanica čovjeka, iz brojnih literaturnih podataka (5,6,7) dovodi u vezu s pojavom kancerizacije, proizlazi da se ispitivanu populaciju može kategorizirati kao rizičnu. Takav pak zaključak iziskuje usmjerene i učestalije zdravstvene kontrole, na temelju čijih rezultata bi se moglo preventivno djelovati povremenim isključivanjem radnika iz kritičnih poslova.

Literatura

1. M.Ptičar. Ispitivanje plućne ventilacije u radnika proizvodnje umjetnih gnojiva, Magistarski rad, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, (1985).
2. D.Barišić. The concentration of ^{226}Ra, ^{235}U and ^{238}U in phosphate materials and fertilizers produced in Yugoslavia, III Italian-Yugoslav Symposium, Low level radiation achivements, concerns and future aspects, Plitvice (1990) in press.
3. Periodički izvještaj o kvaliteti radne okoline za pojedina postrojenja, INA Petrokemija Kutina (1989).
4. V.Garaj-Vrhovac, A.Fučić, Đ.Horvat. Comparison of chromosome aberration and micronucleus induction in human lymphocytes after occupational exposure to vinyl chloride monomer and microwave radiation, Periodicum Biologorum, Vol 92, No 4, (1990) in press.
5. A.Fučić, Đ.Horvat and B.Dimitrović. Mutagenicity of vinyl chloride in man: Comparison of chromosome aberration with micronucleus and sister-chromatide exchange frequences, Mutation Research, 242, 265-270 (1990).
6. Mulgavkar S. and Fnudson A. Mutation and cancer: A model of human carcinogenesis,J. Nat. Cancer Inst. 66(6), 1037-1052 (1979).
7. Krink E., Den Engelse L., Scherer E. and Westra J.G. Formation of DNA modifications by chemical carcinogens. Identification, localisation and quantification, Biochim. Biophys. Acta, 738, 181-201 (1984).

Abstract Artifitial fertilizers are produced from phosphate ores containing natural radionuclides of uranium and thorium. The appearance of technologically increased radiation and chemical pollution can couse significant damages on the human genetic pool. Structural chromosome aberrations assay enabled detection of significant chromosome aberrations increase in exposed population. The positive corelation between chromosome aberrations and the duration of exposure shows the cumulative effect of the chemical and radiotoxical agents.

Sekcija 6. DEKONTAMINACIJA, OBRADA I SKLADIŠTENJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

UKLANJANJE NEKIH RADIOIZOTOPA IZ OTOPINA UPOTREBOM GRANULIRANIH ZEOLITA

Bronić J. i Subotić B.
Institut "R.Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

UVOD

Radom velikog broja različitih nuklearnih postrojenja (energetskih, industrijskih, istraživačkih, zdrastvenih), nastaju velike količine radioaktivnog otpada. Radioaktivni otpad može biti vrlo različitog kemijskog i radiokemijskog sastava, a najčešće je takav da je zbog zaštite okoliša, odnosno života u njemu, nužna posebna obrada prije konačnog odlaganja. Pri tom, radi sigurnosnih i ekonomskih razloga, glavni naglasak obrade radioaktivnog otpada je na smanjenju volumena i vezanju radioizotopa u čvrsti, radiolitički i kemijski otporni matriks[1].

U ovom radu je prikazan postupak uklanjanja kationa radioizotopa Cs^+ i Sr^{2+} iz otpadnih radioaktivnih otopina, postupkom kontinuirane zamjene iona iz otopine s Na^+ ionima iz granuliranih zeolita.

MJERENJA

Eksperimenti su izvođeni na slijedeći način: Otopina određene koncentracije (0,1 M $CsNO_3$ i 0,05 M $Sr(NO_3)_2$) je obilježena odgovarajućim radioizotopom (^{134}Cs, ^{85}Sr) a zatim propuštena kroz kolonu ispunjenu s 10 g granuliranog zeolita (ZA, ZX i SM). Po 10 cm^3 propuštene otopine sakupljano je u odvojene menzure te je alikvotu od 1 cm^3 izmjerena radioaktivnost. Iz izmjerene radioaktivnosti alikvota otopine prije i nakon propuštanja kroz kolonu te poznate polazne koncentracije izračunata je frakcija (f_v) iona zaostalih u otopini prema slijedećoj jednadžbi:

$$f_v = \sum_{i=1}^{n} (A_v)_i \cdot V_i \; / \; A_o \cdot V_u = C_v \; / \; C_o$$

gdje $(A_v)_i$ i A_o su izmjerene vrijednosti specifične radioaktivnosti nakon i prije prolaza kroz kolonu s granulama, V_i je volumen i-tog uzorka (= 10 cm^3), n je broj uzoraka, V_u je ukupni volumen tretirane otopine, C_v je koncentracija kationa u propuštenoj otopini i C_o je početna koncentracija tretirane otopine.

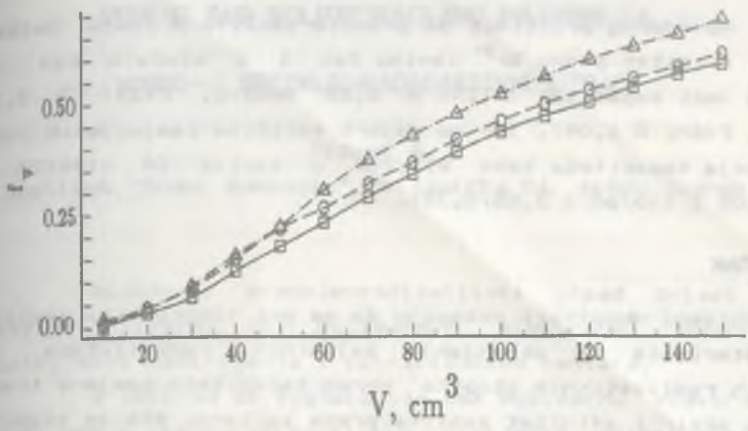
REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati mjerenja prikazani su na slikama 1 i 2. kao ovisnost frakcije iona zaostalih u otopini nakon prolaza kroz kolonu napunjenu granuliranim zeolitom A, zelitom X odnosno sinntetskim mordenitom, o propuštenom volumenu otopine.
Slika 1. pokazuje da najviše Cs^+ iona zaostaje u otopini nakon prolaza kroz kolonu za granuliranim sintetskim mordenitom, što upućuje na zaključak da zeolit A ima najveći afinitet prema cezijevim ionima. Međutim, ako se uzme u obzir činjenica da granule zeolita A imaju bitno veći kapacitet zamjene Cs^+ iona ($\Gamma_{ZA} \cong 2{,}67$ mmol/g, $\Gamma_{ZX} \cong 2{,}35$ mmol/g, $\Gamma_{SM} \cong 1{,}14$ mmol/g) proizlazi da SM ima znatno veći afinitet prema ionima cezija, jer nakon prolaska 140 cm^3 otopine (dok još nije došlo do zasićenja granula), omjer frakcija iona zaostalih u granulama (f_z) je manji od omjera izračunatog iz kapaciteta zamjene:

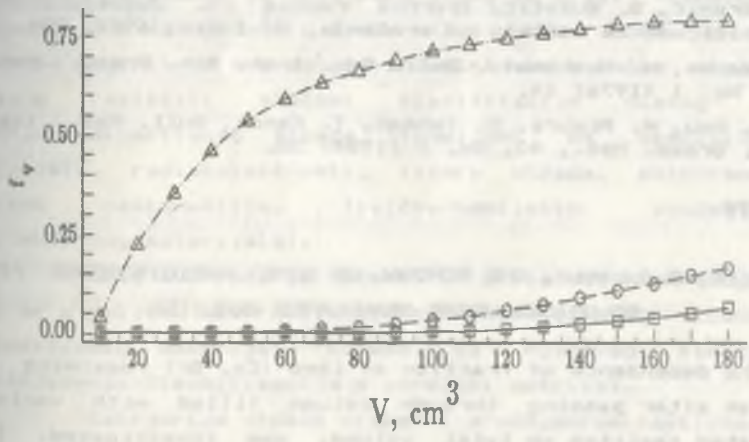
$f_z(ZA) \; / \; f_z(SM) = (1-0{,}58) \; / \; (1-0{,}68) = 1{,}31$

$\Gamma(ZA) \; / \; \Gamma(SM) = 2{,}67/1{,}14 = 2{,}34.$

Za razliku od zamjene cezijevih iona (vidi sl.1.), rezultati prikazani na slici 2. pokazuju da zeolit A ima izraziti afinitet prama ionoma stroncija. Naime, do proboja kapaciteta (povećanja frakcije iona zaostalih u otopini) kolone s granulama sintetskog mordenita dolazi nakon propuštanja 20 cm^3 0,05 M otopine stroncijeva nitrata, nakon propuštanja 60-70 cm^3 u slučaju granula zeolita X te nakon propuštaja 140-150 cm^3 u slučaju zeolita A.



Slika 1. Ovisnost frakcije Cs^+ iona zaostalih u 0,1 M otopini cezijevog nitrata nakon prolaza kroz kolonu punjenu sa 10 g granula ZA(□), ZX(o) i SM(Δ), o propuštenom volumenu.



Slika 2. Ovisnost frakcije stroncijevih iona zaostalih u 0,1 M otopini stroncijeva nitratanakon prolaza kroz kolonu punjenu sa 10 g granula ZA(□), ZX(O) i SM(Δ), o propuštenom volumenu.

Iz navedenog proizlazi da granule zeolita A imaju daleko najveći afinitet prema Sr^{2+} ionima čak i u slučaju kad se uračuna veći kapacitet (Γ(ZA) ≅ 2,55 mmol/g, Γ(ZX) ≅ 2,35 mmol/g, Γ(SM) ≅ 1,09), jer su omjeri količina zamjenjenih iona do proboja kapaciteta kako slijedi u korist ZA (140/20 > 2,55/1,09 i 140/60 > 2,55/2,35).

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati pokazuju da se pri izboru tipa zeolita kao materijala za uklanjanje pojedinih radioizotopa iz otpadnih radioaktivnih otopina[2] pored kapaciteta zamjene treba uzeti u obzir i afinitet zeolita prema kationu, što je osobito važno ako postoji potreba selektivnog odvajanja određenih kationa[3] iz otopine zbog naknadne obrade granula (prženje)[4].

Literatura:

1. International Nuclear Fuel Cycle, Vol 7, Waste Management and Disposal, IAEA, Vienna 1980.
2. J. Bronić, B. Subotić, Zbornik radova 14. Jugoslavenskog simpozijuma za zaštitu od zračenja, Novi Sad, 1987, 221.
3. T. Kanno, H. Hashimoto, Bull. Res. Inst. Min. Dress. Met., 32, No. 1 (1976) 14.
4. C-N. Hsu, H. Mimura, M. Tenman, T. Kanno, Bull. Res. Inst. Min. Dress. Met., 40, No. 1 (1984) 38.

SUMMARY

J. Bronić, B.Subotić, THE REMOVAL OF SOME RADIOISOTOPES FROM BOLUTIONS USING GRANULATED ZEOLITES

The dependence of fraction of ions (Cs, Sr) remaining in solution after passing through column filled with various granulated zeolites on total volume, was investigated. The results shows that the ion-exchange capacity and affinity of zeolite to ion from solution influenced on the process of removal of ions from solutions by increasing the exchange efficiency.

CEMENT KAO SOLIDIFIKACIJSKI MATRIKS ZA NISKO- I SREDNJE-RADIOAKTIVNI OTPAD

Čizmek A.
Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, 41000 Zagreb

Nisko- i srednje-radioaktivni otpad dolazi iz različitih izvora: iz nuklearnih elektrana, bolnica, industrijskih postrojenja i istraživačkih centara.

S obzirom da Jugoslavija ima nuklearnu elektranu, suočeni smo s visokoradioaktivnim fisijskim materijalom u ozračenom gorivu, a pri njegovoj imobilizaciji nastaje i radioaktivni materijal srednjeg nivoa, za koji je potrebno razviti postupak imobilizacije, baš kao i za otpad koji dolazi iz drugih izvora.

Količina otpada iz nuklearnih izvora po glavi stanovnika po godini je vrlo mala (1 kg po glavi stanovnika po godini u 1982. god.[1]) u komparaciji prema 2500 kg (po glavi po godini) za sve ostale industrijske i kućne otpade. Postoje različiti sistemi klasifikacije niskog- i srednje-radioaktivnog otpada (temeljeni na specifičnoj aktivnosti, radiotoksičnosti, izvoru otpada, poluvremenu raspada radionuklida, fizičko-kemijskim svojstvima radioaktivnog materijala).

Cilj ovo rada je opisati i prikazati tehnologije koje se u svijetu upotrebljavaju za obradu sirovog otpadnog radioaktivnog materijala otpada, do njegovog konačnog pohranjivanja (imobilizacija u određeni matriks).

Kategorije otpada niske- i srednje-radioaktivnosti prema porijeklu su sljedeće: koncentrati iz tekućeg otpada (mulj, istrošeni ionski izmjenjivači , koncentrati iz uparivača i membranskih procesa), kruti otpad (spaljiv i nespaljiv), specijalni otpadi (organske tekućine, otpad s vidljivim sadržajem ^{3}H ili ^{14}C).

Od postojećih matriksa za imobilizaciju radioaktivnog otpada, najviše se radi na cementu, bitumenu i različitim smolama, koje se skrućuju pod utjecajem topline.

Prednosti upotrebe cementa i na cementu temeljenih materijala su sljedeće:

- relativna jednostavnost kod rukovanja,
- vrlo velika iskustva u radu s njime,
- dostupnost materijala,
- relativno mala cijena koštanja,
- visoka gustoća i mehanička otpornost cementnih produkata,
- kompatibilnost vode sa materijalom matriksa,
- male brzine ispuštanja radioizotopa[2,3].

Da bi se poboljšala solidifikacija radioaktivnog otpada u cementu (što se tiče kemijske i mehaničke otpornosti) cementu se dodaju različiti kompatibilni aditivi: natrij silikati, koji su dobri za borno kisele otopine, jer im smanjuju volumen i poboljšavaju fluiditet[4], zeoliti, čime se poboljšava retencija kationa, npr. cezija[5], vermikulit, silika gel, diatomejska zemlja i ostali adsorbensi koji uklanjaju suvišak vode, organski derivati, da poboljšaju fluidne karakteristike i gustoću pakiranja, odnosno spriječe rast bakterija.

Imobilizacija RAO sa cementom može se izvesti:

- u bačvi, "in drumm", gdje se cement, radioaktivni otpad i aditivi miješaju u valjkastim spremnicima, koji ujedno služe i kao finalni, otpremni spremnici.
- "in line", gdje se cement i RAO odvojeno stavljaju u mikser, a nakon mješanja se pune u bačve, koje služe kao spremnici.
- cementiranjem u mobilnim postrojenjima, kao i
- različitim modificiranim procesima cementiranja[6].

Naša iskustva u ovom području opisana su ranije[7,8,9,10].

Velika iskustva sa cementom kao imobilizacijskim materijalom imaju Francuzi. Oni osim korištenja cementa za imobilizaciju s-RAO u čeličnim bačvama, te u betonskim bačvama, koriste beton i u svom površinskom odlagalištu La Manche, na obali Atlantika.

Zaključak

U ovom trenutku smatra se da je cementiranje veoma pogodan postupak za imobilizaciju nisko- i srednje-radioaktivnog otpada. Relativna jednostavnost u rukovanju, ogromna iskustva u radu s njime, te pristupačna cijena, i dostupnost materijala, uz zadovoljavajuće karakteristike finalnog produkta (mehanička otpornost, čvrstoća), daju mu prednost pred ostalim metodama. Neprekidno pronalaženje novih aditiva, kao i materijala koji bi mu kao dodaci poboljšali svojstva, velik su izazov za budući rad.

Literatura:

1. Izvještaj ANDRA (Agence Nationale pour le Gestion des Déchetes Radioactifs) - Commisariat à l'Energie Atomique, 1989.
2. Leaching of Low and Medium Level Waste Packages under Disposal Conditions, Graham and Trotman Ltd., London, 1985.
3. Moore, P. E., "Leaching Rates of Radionuclides Immobilized in Cement and Preliminery Calculations of Source Terms", PIN-643 B/R, 1983.

4. Burnett, V. C., Hooton, R. D., Heimann, R.B., Onapoci, M., "The Developement of Durable Cementitious Materials for Use in Nuclear Fuel Waste Disposal Facility", Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 50. 1985.

5. Nomine, J. C., Incorporation of Radioactive Waste in the Concrete Matrix, CEA (Saclay No. SAA 80-143).

6. Burnay, S. G., Dyson, J. R., "A Preliminary Assesment of Polymer-Modified Cements for Use in Immobilization of Intermediate Level Radioactive Waste", AERE R 105 99, 1982.

7. Čižmek, A., Despotović, R., "Compacting of Medium- Level Radioactive Waste inti Plastified Matrix", XIVth Regional Congress of IRPA, p. 495., 1987.

8. Fraj, B., Čižmek, A., Despotović, R., "Plastifikacija imobiliziranog RAO" XV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Priština 1989., p. 397.

9. Čižmek, A., Despotović, R., "Imobilizacija srednjeradioaktivnog otpada", XV Jugoslavenski simpozij za zaštitu od zračenja, Priština 1989., p. 393.

10. Fraj, B., Čižmek, A., Despotović, R., Marković, B., "Tehnološki procesi za saniranje radioaktivnog otpada srednjeg nivoa radioaktivnosti", Savetovanje: Korišćenje otpadnih tokova u industriji, G. Milanovac 1989, p. 125.

Abstract

Immobilization of low- and medium level radioactive waste with cement is very convient method, due to several reasons. This method is technologically simple, there is good experiance in the work with cement and the costs are acceptable. The solidified material is also characterized with good mechanical durability, as well as the leaching properties. The new additives to cement, in order to improve its properties, are permanently investigating.

SLOŽENA MEĐUDJELOVANJA U DEKONTAMINACIJSKIM SUSTAVIMA
I. DIO: MODELI

Despotović R., Šarić A., Trikić S.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

SAŽETAK - Rezultati istraživanja dekontaminacijskih smjesa sa tenzidima u vodenoj otopini pokazuju složene pojave formiranja submicelarnih struktura sa posebnim dekontaminacijskim karakteristikama. Razmatraju se pretpostavljeni mogući modeli međudjelovanja u tenzidnim dekontaminacijskim sustavima.

U V O D

Dekontaminacijska sredstva za različite primjene, različitih su svojstava i različitih supstancijalnih kompozicija. No u pravilu sva dekontamacijska sredstva sadrže različite oblike i sadržaje površinski aktivnih tvari ili tenzide. Budući da tenzidi u primjeni uvijek moraju biti otopljeni u tekućoj fazi, a uglavnom u vodi u ovom se radu razmatraju moguća međudjelovanja prisutnih komponenata, koja daju pod različitim koncentracijskim uvjetima i različita fizičko kemijska svojstva takovim složenim sustavima. Poznavanje tih modela, koji se eksperimentalno verificiraju od izuzetnog je značaja za praktičnu primjenu u dekontaminacijskim postupcima. Niz prethodnih istraživanja upućivao je na mogućnost praćenja takovih procesa (1) koji su kao složeni model u ovom radu u razmatranju.

M O D E L I M E Đ U D J E L O V A N J A

Dvokomponentni sustav **tenzid + voda** posjeduje posebna fiziko kemijska svojstva, posebno viskozitet i površinsku napetost na granici faza otopina/zrak . Ta su svojstva funkcionalno ovisna o koncentraciji tenzida i temperaturi. Eksperimentalno je pokazano, da ionski tenzidi skokovito mijenjaju svojstva u širokom koncentracijskom rasponu i ispod kritične micelarne koncentracije c_m (2). Za elektrolitički disocirani kationski tenzid

C^+ u otopini sa elektrolitički disociranim anionskim tenzidom A^- može se pretpostaviti Coulombovsko medudjelovanje, jer je poznato da kod smjesa jednostavnih alifatskih tenzida ne dolazi do formiranja kation-anion tenzida (3) Niz istraživanja na submicelarnim otopinama upućuju na formiranje premicelarnih asocijata (3,4). Za odredeni p kationski tenzid C_p^+ i anionski q tenzid A_q^- mora se pretpostaviti Coulombovska elektrostatska interakcija koja će kao rezultat dati novu strukturu $(nC_p^+mA_q^-)^{+o-}$. Elektroststski naboj nove strukture $nC_p^+mA_q^-$ u glavnome će biti zavisan o omjeru molalnih frakcija prisutnih tenzida n/m . Budući da se omjer molalnih frakcija prisutnih tenzida može proizvoljno mijenjati, proizlazi da se može proizvoljno mijenjati i elektrostatski naboj rezultirajuće nove strukture $nC_p^+mA_q^-$. Isto je tako nužno pretpostaviti da će i stereokemijski faktori uz druge kao na primjer stupanj disocijacije, topljivost, utjecaj neutralnih iona i drugi faktori imati odredeni utjecaj na promatrane pojave formiranja novih struktura, koje ćemo za ovo razmatranje pretpostaviti zanemarljivim. Kao i za prvi $p + q$ kation + anion par možemo pretpostaviti i drugi kation u tenzid C_u^+ i anion w tenzid A_w^- , koji mogu formirati takoder novu strukturu $xC_u^+yA_w^-$ sa različitim elektrostatskim nabojem $(xC_u^+yA_w^-)^{+o-}$ u zavisnosti o molalnim frakcijama odnosno kvocijentu x/y . Budući da se i taj kvocijent može po volji mijenjati moramo pretpostaviti sve tri moguće elektrostatske karakteristike nove strukture. Primjenom medija istovjetnih dielektričnih svojstava moguće je zamisliti četverokomponentni sustav komponiran od osnovnih dvokomponentnih sustava poznatih svojstava shematski opisanog sastava $a(nC_p^+mA_q^-)^{+o-} + b(xC_u^+yA_w^-)^{+o-}$. Budući da dekontaminacija kationskih i anionskih vrsta po mehanizmu odgovara poznatom modelu palisadne adsorpcije (5) mogu se pretpostaviti različiti modeli dekontaminacijskih medudjelovanja. Za ta je medudjelovanja od posebnog značaja elektrostatski naboj površine dekontaminirajućeg tenzida odnosno odgovarajuće nove dvo- ili četvero-komponentne strukture. Budući da su prethodna istraživanja pokazala izrazito sinergističko djelovanje na različita fizičko kemijska svojstva tenzidnih smjesa (1) u dvokomponentnim sustavima nema razloga da se istovjetno ponašanje ne pripisuje i modelnim strukturama za kationske, odnosno anionske kontaminante, jer se odabranim

molalnim kvocijentima može formirati struktura posebno povoljna za kationsku, odnosno anionsku dekontaminaciju. Isto tako, kao što se može putem sinergističkog efekta povisiti efikasnost dekontaminacije u dvokomponentnim tenzidnim smjesama, moramo očekivati i posebno povoljan učinak sa četverokomponentnom tenzidnom smjesom, jer su u upotpunjavanju dva sinergizma. Osnovna dva tipa sinergizma, sinergizam dvokomponentnih i sinergizam četverokomponentnih sustava rezultanta su 9 različitih i mogućih kombinacija prema elektrostatskom naboju osnovnih dvokomponentnih sustava. To su slijedeće modelne kombinacije:

$$a_1(\,nC_p^+mA_q^-\,)^+ + b_1(\,xC_u^+yA_w^-\,)^+ \qquad \text{I}$$

$$a_1(\,nC_p^+mA_q^-\,)^+ + b_2(\,xC_u^+yA_w^-\,)^o \qquad \text{II}$$

$$a_1(\,nC_p^+mA_q^-\,)^+ + b_3(\,xC_u^+yA_w^-\,)^- \qquad \text{III}$$

$$a_2(\,nC_p^+mA_q^-\,)^o + b_1(\,xC_u^+yA_w^-\,)^+ \qquad \text{IV}$$

$$a_2(\,nC_p^+mA_q^-\,)^o + b_2(\,xC_u^+yA_w^-\,)^o \qquad \text{V}$$

$$a_2(\,nC_p^+mA_q^-\,)^o + b_3(\,xC_u^+yA_w^-\,)^- \qquad \text{VI}$$

$$a_3(\,nC_p^+mA_q^-\,)^- + b_1(\,xC_u^+yA_w^-\,)^+ \qquad \text{VII}$$

$$a_3(\,nC_p^+mA_q^-\,)^- + b_2(\,xC_u^+yA_w^-\,)^o \qquad \text{VIII}$$

$$a_3(\,nC_p^+mA_q^-\,)^- + b_3(\,xC_u^+yA_w^-\,)^- \qquad \text{IX}$$

Za kombinacije I , II i IV treba pretpostaviti jako dekontaminirajuće djelovanje na anionskim oblicima radionuklida; za kationske radioizotope visoku efikasnost moraju posjedovati kombinacije VI , VIII i IX , dok će za izrazito nenabijene oblike biti efikasne kombinacije III , V i VII.

U prvoj fazi eksperimentalne provjere razmatranih modela je potvrdivanje pretpostavljenih modelnih interakcija u smjesama tenzidnih otopina, a u drugoj fazi izmjera učinka dekontaminacije sa provjerenim modelima.

Za sve navedene modele, navedena su razmatranja u toliko bliska realnom ponašanju odabranog sustava, u koliko su Coulombovske interakcije toliko dominantne, da su svi ostali nevedeni mogući efekti od nebitnog značaja. Takav je učinak moguće očekivati uz primjenu elektrostatski dobro definiranih tenzida.

MUTUAL INTERACTIONS IN DECONTAMINATION SYSTEMS

Part I. Models

The results of investigations of the decontamination mixtures containing surfactants in aqueous media show complex phenomena, indicating, as a reasonable possibility the formation of sub-micellar species with distinguished decontamination properties. The proposed models of the interactions in decontamination systems containing surfactants are disscused. The nine possible models of different four-component systems are proposed.

REFERENCES:

(1) R. Despotović, Lj. A. Despotović, N. Filipović-Vinceković, V. Horvat, D. Mayer, Tenside-Detergents 12 (1975) 323.

(2) D. Mayer-Žitnik, R. Despotović, "Micriscopic aspects of adhesion and lubrication" J.M.Georges Ed., Elsevier Sci. Publ.Co. Amsterdam (1982) 209.

(3) W.U. Malik, S. Pal Verma, J. physic. Chem. 70 (1966) 26.

(4) R. Despotović, Jorn. Com. Esp. Deterg. 20 (1989) 331.

(5) K. Takeda, N. Tatsumoto, T. Yasunaga, J. Colloid. Interface Sci., 47 (1974) 128.

L. Sepulveda, J. Colloid Interface Sci., 46 (1974) 372.

O SLOŽENIM MEĐUDJELOVANJIMA U DEKONTAMINACIJSKIM SUSTAVIMA

II. DIO: EKSPERIMENTALNA PROVJERA MODELA

Šarić A., Trikić S., Despotović R.
Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

SAŽETAK - Na osnovi mogućih Coulombovskih međudjelovanja u pretpostavljenim modelima substruktura tenzidnih komponenata dekontaminacijske smjese pretpostavljeni su mogući modeli formiranja različitih vrsta nosilaca dekontaminacijskih svojstava. U cilju eksperimentalne provjere pretpostavljenih modela izvršena su istraživanja, koja potvrđuju formiranje različitih tipova struktura sa sasvim predodredivim karakteristikama. Eksperimentalna provjera modela pokazuje da je moguće sa istovjetnim komponentama dobiti strukture sasvim različitih svojstava.

U V O D

Razmatranja mogućih međudjelovanja različitih vrsta tenzida, različitog sastava i različite koncentracije upućuju za četverokomponentni sustav, da je moguće pretpostaviti 9 različitih modela (1). U cilju eksperimentalne verifikacije pretpostavljenih modela izvršena su eksperimentalna određivanja elektrostatskih karakteristika dvo- i četvero-komponentnih smjesa. Eksperimentalni rezultati potvrđuju opravdanost pretpostavke vrlo intenzivne Coulombovske interakcije kao dominantne u određivanju svojstava takovih sustava.

E K S P E R I M E N T I

Kao modelne supstance upotrebljeni su kationski tenzidi n-dodecilamin nitrat (p), metil modro (u) i rodamin 6G (r) te anionski tenzidi Na-fluoresceinat (q), Na-n-dodecilsulfat (w) i (d). Mjerena je napetost površina otopina/zrak i određivana elektroforetska gibljivost za različite smjese (v. tablice) tenzida ukupnih koncentracija u dvokomponentnim sistemima za kationske i anionske vrste 0.001 mol/dm^3 , odnosno 0.0005 mol/dm^3 za četverokomponentne sustave na 293 K . Promatrani uzorci su starili t$_A$ s . Rezultati su prikazani na tablicama 1. , 2. i 3.

TABLICA 1.

SASTAV, ELEKTROFORETSKA GIBLJIVOST I NAPETOST POVRŠINE DVOKOMPONENTNIH SUSTAVA:

$Cp/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	Sustav
$Cq/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
$u_{\pm}/cm^2s^{-1}V^{-1} \times 10^5$	11,6	9,2	10,2	11,6	6,9	4,6	2,3	1,8	3,2	6,9	11,6	I
z^{+-}	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	
$\sigma/Nm^{-1} \times 10^3$	51,3	35,4	33,6	34,2	34,4	34,7	35,2	36,5	37,8	39,4	67,3	
$Cu/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	
$Cw/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
$u_{\pm}/cm^2s^{-1}V^{-1} \times 10^5$	6,9	3,7	2,8	3,0	2,3	0	3,7	5,6	7,6	8,3	13,9	II
z^{+o-}	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-	-	
$\sigma/Nm^{-1} \times 10^3$	71,0	43,7	44,0	44,2	44,3	44,2	44,0	44,0	45,0	46,0	46,0	
$Cr/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	
$Cd/mol\ dm^{-3} \times 10^3$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
$u_{\pm}/cm^2s^{-1}V^{-1} \times 10^5$	5,1	6,0	6,9	5,1	2,1	8,1	12,7	16,2	15,0		16,2	III
z^{+-}	+	+	+	+	+	-	-	-	-		-	
$\sigma/Nm^{-1} \times 10^3$	63,0	51,8	47,2	45,5	44,3	44,0	43,5	42,2	42,2	42,0	49,8	

I: $Cp + Cq = 1 \times 10^{-3}$; II: $Cu + Cw = 1 \times 10^{-3}$; III: $Cr + Cd = 1 \times 10^{-3}\ mol/dm^3$

$t_A = 6000\ s$; $T = 293\ K$

TABLICA 2.

Elektroforetske gibljivosti $u_{\pm}$ ($cm^2s^{-1}V^{-1}$) trokomponentnih sustava starenih t_A sekunda kod T = 293 K . Konačne koncentracije smjese dvokomponentnih sustava R6G + $NaDDSO_4$ $(B)^{+o-}$ i MB + $NaDDSO_4$ $(Z)^{+o-}$, $C_{(B+Z)}$ = 0,0005 mol/dm^3 :

Sustav	C_B x 1000		C_Z x 1000		60s	600000s t_A
	C_{R6G}	$C_{NaDDSO4}$	C_{MB}	$C_{NaDDSO4}$	$u_{\pm}$ x 100000	
1	0,58	0,42	0,80	0,2o	+2,5	-2,9
2	0,58	0,42	0,50	0,50	-2,8	-2,9
3	0,20	0,80	0,80	0,20	-1,6	-3,2
4	0,80	0,20	0,20	0,80	-4,6	-4,9
5	0,58	0,42	0,20	0,80	-6,9	-12,7

Elektroforetske karakteristike dvokomponentnih sustava:

1 : $B^o + Z^+$, 2 : $B^o + Z^o$, 3 : $B^- + Z^+$

4 : $B^+ + Z^-$, 5 : $B^o + Z^-$

RAZMATRANJE REZULTATA

U dvokomponentnoj smjesi I (Tab.1) kationska komponenta odreduje svojstva sustava - model je tipično nesimetričan. U sustavu II izraziti je sinergizam anionske komponente sa pravilnom izmjenom elektrostatskog naboja prema molarnoj frakciji prisutnih tenzida. Istovjetno je ponašanje i kod sustava III . U trokomponentnim sustavima (tab. 2) izrazito je negativno elektrostatsko djelovanje anionske komponenta, pri čemu ponašanje četverokomponentnih sustava pokazuje dominantno ponašanje alifatske kationske komponente (Tab. 3). Superpozicije elektrostatskih svojstava su tako jake, da se samo promjenom molarnih frakcija prisutnih komponenata mogu formirati složeni sustavi, koji su formalno kemijski istovjetni, no po fizičko kemijskim karakteristikama su vrlo različiti, što potvrduje pretpostavljene modele o različitim medudjelovanjima komponenata tenzidnih struktura. U ovako različitim svojstvima je i uzrok različitih dekontaminacijskih djelovanja (2) .

TABLICA 3.

Elektroforetske gibljivosti $u_{\pm}(cm^2s^{-1}V^{-1})$ četverokomponentnih sustava starenih t_A sekunda kod T = 293 K . Konačne koncentracije smjese dvokomponentnih sustava $DDANO_3$ + Na-FLN $(A)^{+o-}$ i MB + $NaDDSO_4$ $(Z)^{+o-}$, $C_{(A+Z)}$ = 0,0005 mol dm^3 .

Sastav	C_A x 1000		C_Z x 1000		t_A	
	C_{DDANO_3}	C_{Na-FLN}	C_{MB}	C_{NaDDSO_4}	60s $u_{\pm}$ x 100000	600000s
I	0,35	0,65	0,80	0,20	+2,4	+4,5
II	0,35	0,65	0,50	0,50	-2,4	-2,2
III	0,20	0,80	0,80	0,20	+4,2	+4,6
IV	0,80	0,20	0,20	0,80	+4,6	+2,2
V	0,35	0,65	0,20	0,80	-11,6	-9,0

Elektroforetske karakteristike dvokomponentnih sustava:

I : $A^o + Z^+$, II : $A^o + Z^o$, III : $A^- + Z^+$

IV : $A^+ + Z^-$, V : $A^o + Z^-$

ON MUTUAL INTERACTIONS IN DECONTAMINATION SYSTEMS

Part II. Experimental verification of models

The proposed models of the interactions in decontamination systems containing surfactants are experimentally verified: five chemically different systems, by the use of two anionic and three cationic surfactants, were prepared for the determination of surface tension and electrophoretic mobility as a function of molal fractions of differently charged surfactant mixtures for variously aged systems. The results obtained confirm supposed models of mutual interaction giving us the picture of the possibility for the preparation of different decontamination systems using the same chemicals.

REFERENCE :

(1) Despotović R., Šarić A., Trikić S., Ovaj Zbornik, str.

(2) Despotović R., Šarić A., Trikić S., Jorn. Com. Esp. Deterg. 22 (1991) 12

OBRADA I ODLAGANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

Despotović R.
Institut "Ruđer Bošković"
Zagreb, p.p. 1016

SAŽETAK - Rad je vezan uz probleme tehnološke obrade i odlaganja radioaktivnih otpadnih materija RAO proizvedenih tokom rada nuklearne elektrane i različite mirnodopske primjene nuklearne energije u Jugoslaviji. Posebna je pažnja poklonjena problemima legislative i rješavanju strategije gospodarenja ozračenog nuklearnog goriva. Razmatraju se problemi RAO proizvedenog postojećim tehnološkim procesima u svezi odlaganja nisko- , srednje- i visoko-radioaktivnih otpadnih materija u neposrednoj budućnosti.

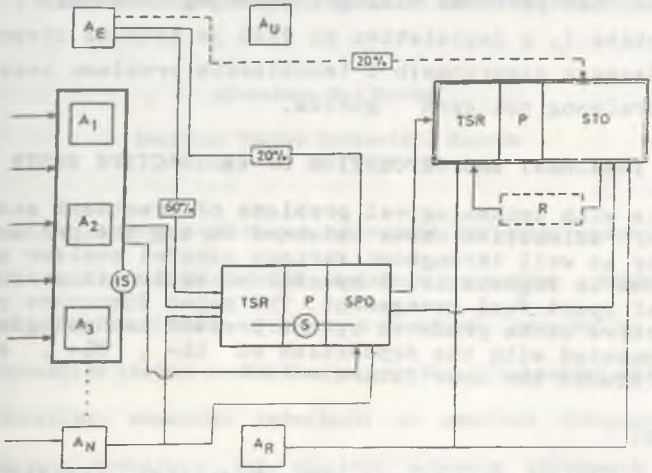
U V O D

Za razumijevanje problema koji se razmatra neophodno je utvrditi postojeće stanje proizvodnje RAO u nas. Taj je problem više puta razmatran (1) i može se sažeto opisati proizvodnjom RAO iz slijedećih izvora: rudarenje uranske rude (A_U), nuklearna elektrana (A_E), nuklearni instituti (A_N), korisnici radioaktivnih izotopa (A_O), pri čemu se ne razmatra najvoluminoznija proizvodnja RAO iz termoenergetskih postrojenja na fosilno gorivo (2). Zadaci u vezi sanacije RAO iz dekomisije nuklearnih postrojenja se takoder ne razmatraju (3). Razmatra se samo RAO proizveden iz navedenih izvora A_U , A_E , A_N i A_O .

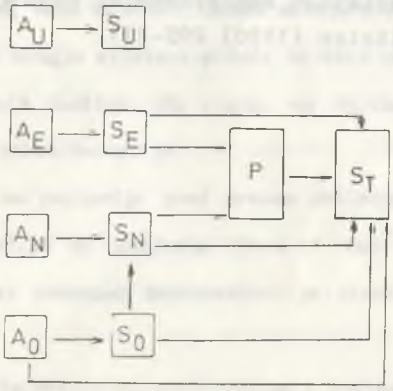
R A Z M A T R A N J E P R O B L E M A

Rudarenje uranske rude daje kao tehnološki balast RAO posebnih svojstava, koji se tehnološki i sigurnosno rješava in situ, t.j. proizvedeni RAO iz tehnološkog sustava A_U sanira se na lokaciji rdinika u in situ odlagalištu RAO u sustavu S_U (v. sheme 1. i 2.). Takav je pritsup u svjetskoj praksi i predlagan je više puta na nivou rješavanja problema sanacije RAO na jugoslavenskom nivou (1). Po predlaganoj shemi RAO iz nuklearne elektrane A_E se

rješava parcijalnim korištenjem trijažnog centra S sa preradom P i privremenim odlaganjem SPO odnosno uz preradu in situ uz korištenje zajedničkog trajnog odlagališta radioaktivnih otpadnih materija (shema 1.) ili se proizvedeni tehnološki RAO sanira in situ korištenjem odlagališta unutar terena nuklearne elektrane S_E , odnosno koristi se zajednička obrada P korištenjem S_T zajedničko trajno odlagalište (shema 2.). Traženje solucije u transportu RAO do regionalnog skladišta izvan naših granica za sada može biti samo interesantno razmatranje. U okviru nuklearke ostaje otvoreno pitanje najopasnijeg RAO sadržaja, a to je sadržaj ozračenog nuklearnog goriva. U svim dosadašnjim razmatranjima se nepotrebno komplicira tehnološki i sigurnosni problem t.zv. tehnološkog RAO , koji predstavlja neznatni postotak ukupno proizvedenog neiskoristivog radioaktivnog balasta, dok se po radiotoksičnostti i radioaktivnosti 100 puta sadržajniji RAO uopće ne razmatra kao poseban i najozbiljniji problem. Za sanaciju stvarnog problema, a to je neiskoristivi fisijski sadržaj ozračenog nuklearnog goriva neophodno je razraditi strategiju gospodarenja kroz jednu od mogućih opcija: prodaja, kombinirana prodaja sa vraćanjem osiromašenog energenta uz prijem za pohranu visokoradioaktivnog otpada, kombinacija usluga i prodaje ili vlastito rješenje kroz osiguranje sustava za sigurnu i dugotrajnu pohranu ili razvoj sustava za reciklažu . Vrlo je vjerojatno, da će svaka solucija sadržavati obvezu izgradnje vlastitog sustava za pohranu VRAO . Ovoj vrlo odgovornoj i složenoj problematici, prvenstveno radi posebnih problema radiološke zaštite neophodno je urgentno otvoriti sve uvjete za iznalaženje skorog i optimalnog rješenja. Problem je to urgentniji što je bliže potreba za rješavanjem kompleksnog zadatka dekomisije nuklearnih postrojenja (3).
Nuklearni instituti IS sa A_1 A_2 i A_3 (shema 1.) odnosno A_N (shema 2.) prerađuju proizvedeni RAO i privremeno ga pohranjuju u svojim odlagalištima S_N uz prijem neznatnih količina od različitih izvora - bolnice, manji istraživački laboratoriji, rudnici. razne privredne grane i drugi A_0 . Za budućnost se mora organizirati poseban sustav za kondicioniranje ili preradu RAO P iz A_N i A_0 sa zajedničkim trajnim odlagalištem RAO S_T (shema 2.). Za realizaciju predložene vrlo jednostavne sheme, dio akcija je u toku, međutim potpuno nedostaju akcije uz rješavanje najopasnijeg oblika otpadnih radioaktivnih materija VRAO. Legislativno



SHEMA 1.



SHEMA 2.

nije riješen niz problema niskog i srednjeg nivoa RAO (posebno normativistika), a legislativa za VRAO je potpuno otvorena na nivou rješavanja sigurnosnih i tehnoloških problema vezanih uz tretman ozračenog nuklearn goriva.

TREATMENT AND DEPOSITION OF RADIOACTIVE WASTE

Paper deals with technological problems of treatment and the deposition of radioactive waste obtained during the production of electricity as well throughout various paceful nuclear energy applications in Yugoslavia. A special attention is paid to the strategy of spent fuel management. The paper discusses problems of radioactive waste produced by the present technological processes connected with the deposition of LL- , ML- , and HL-RAW produced the near future.

REFERENCES:

(1) R. Despotović, Savetovanje "Obezbedivanje, korišćenje i prerada nuklearnog goriva u Jugoslaviji", Donji Milanovac (1980) 133 - 141.

(2) R. Despotović, Medunarodni kongres "Energija i Zaštita Čovjekove Okoline" Opatija (1990) 71 -76.

(3) R. Despotović, Proc. III. Italian-Yugoslav Symposium : Low Level Radiation Achievements, Concerns and Future Aspects, Plitvice (1990) 205-211.

O ELEKTROKEMIJSKOJ DEKONTAMINACIJI PROCESNE OPREME

Miroslava Maljković

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb

UVOD

Pri radu s ionizirajućim zračenjem na raznim djelovima procesne opreme dolazi do kontaminacije njenih metalnih površina. Mehanizmi te kontaminacije su različiti: fizička i kemijska adsorbcija, kemijske reakcije (reakcije izmjene u oksidima na površini), mehanički uključci uslijed abrazije, mehaničko izdvajanje na površini (otopine, pare), elektrokemijsko izdvajanje kao rezultat lokalnih galvanskih spregova (korozija). Kako ionizirajuće zračenje ima potencijalno škodljiv efekt, potrebno je da se raspodjela i širenje radioaktvnih čestica strogo kontrolira i ograniči. Putevi kojima se ovaj problem rješava u praksi različiti su i zavise dobrim dijelom od toga o kojem dijelu se procesne opreme radi. U principu, neki dijelovi opreme ostaju radio- aktivni sve do dekomisije. Kod obrade drugih dijelova proces se tako vodi da se sprečava depozicija radioaktivnih čestica. Na kraju, na veliku većinu dijelova opreme primjenjuje se dekontaminacija.

Osnovni zahtjev koji se postavlja pred proces dekontaminacije je da se njime snizi kontaminacija do željenog nivoa i tako smanji izlaganje osoblja zračenju. Dobar postupak dekontaminacije treba da ima slijedeće karakteristike:

- svestranost (primjenljiv na razne metale i kontaminate),
- efikasnost,
- ekonomičnost,
- jednostavno rukovanje,
- daljinsko upravljanje procesom,
- blaži radni uvjeti,

- kraće vrijeme procesa,
- mogućnost primjene više tehnika,
- mogućnost obrade kompleksnih oblika, bez rastavljanja opreme.

U ovom radu kao posebno efikasan postupak obrađuje se eleektrokemijska dekontaminacija. Ona ispunjava ove zahtjeve, neke čak izrazito efikasno.

OSNOVE ELEKTROKEMIJSKE DEKONTAMINACIJE

Pod elektrokemijskom dekontaminacijom u nuklearnim postrojenjima podrazumjeva se izvođenje procesa elektrokemijskim metodama, pomoću električne struje. Osnovu ovog postupka čini elektrokemijsko glačanje i poliranje, proces u kome je kontaminirani metalni predmet uronjen u otopinu (elektrolit) odredenog sastava i pod određenim uvjetima vezan kao anoda, za pozitivan pol izvora istosmjerne struje. Propuštanjem struje određene jačine kroz sistem, kontaminirana površina se anodno rastvara. Na taj način se odstranjuje radioaktivna kontaminacija sa površine metala ili ona koja se na njoj zadržala zbog defekta u njenoj strukturi.

PREDNOSTI ELEKTROKEMIJSKE DEKONTAMINACIJE

Dekontaminacija elektrokemijskim poliranjem je svestran postupak, što se ogleda u mogućnosti da se njome uklone mnogi radionukleidi (plutonij, uran, radij, kobalt, stroncij, cezij, amercij) i dekontaminiraju razni metali (čelik, bakar, aluminij), pri čemu tvrdoća ovih materijala nije važan faktor za vođenje ovih procesa, pošto je elektrokemijsko rastvaranje mehanički proces.

Elektrokemijska dekontaminacija je izrazito efikasna, što se može sagledati uporedenjem podataka o kemijskoj i elektrokemijskoj dekontainaciji čelika u dušičnoj kiselini. U konkretnom slučaju, elektrokemijsko smanjenje aktivnosti bilo je veće za više od reda veličine u odnosu na kemijski postupak. Dekontaminacija je zadovoljavajuća već ako se rastvori 5 do 50 μm (uz uvijet da površina metala nije korodirala i da nema pittinga). Ovdje treba napomenuti da sama priroda procesa omogućava

da se pravilnim izborom njegovih parametara (gustoća struje, priroda elektrolita i sl.) postigne maksimalna dekontaminacija uz minimalno rastvaranje metala osnove.

Za dekontaminaciju nerđajućeg čelika kontaminiranog s Pu i PuO_2, za odstranjenje 5 μm potrebno je $7x10^{-6}$ Ah/m^2, što ukazuje da je ovaj proces ekonomičan, naravno uz napomenu da tim troškovima treba dodati početne investicione troškove u sam uređaj.

U principu elektrokemijsko poliranje je i proces kojim jednostavno rukuje. Dosta zavisi od samog dijela opreme koji se dekontaminira koliko će proces biti kompliciran: sitniji dijelovi obrađuju se zajedno, veći pojedinačno. Velika prednost elektrokemijske dekontaminacije je mogućnost da se njome može vrlo dobro daljinski upravljati. To omogućava da se proces automatizira i lakše kontrolira, bez veće opasnosti od zračenja za operatera.

Radni uvjeti kod ovog procesa dekontaminacije spadaju u blaže - radi se sa razblaženim otopinama i na nižim temperaturama. Sam proces elektrokemijske dekontaminacije traje kratko - napr. 3 do 30 min da bi se odstranilo 5 do 50 μm nerđajućeg čelika. Proces je i lako prilagodljiv. U slučaju da dekontaminacija nije dovoljna čitav proces se jednostavno vremenski produži.

Za elektrokemijsku dekontaminaciju moguće je primjeniti više tehnika. Uobičajeni postupak kod elektrokemijskog poliranja je uranjanje predmeta u tank s elektrolitom, s tim što se mali predmeti obrađuju u bubnjevima, a veliki pojedinačno na vješalicama. Moguće je i tretiranje "in situ", pomoću tampon poliranja. Kod ove tehnike elektrolit se nanosi pomoću tampona omotanog oko katode. Sam postupak se izvodi tako što se katoda sa tamponom miče po površini (anodi) i tako površina polira i dekontaminira. Mogućnost dekontaminacije kompleksnih oblika, bez rastavljanja opreme, velika je prednost elektrokemijskog poliranja. Za obradu vanjskih površina

opreme moguće je primjeniti tampon poliranje. Za unutrašnje površine dekontaminacija (poliranje) izvodi se tako da je samo tijelo uređaja anoda, dok se katoda (koja može biti i savitljiva) postavlja na pogodan način u uređaj kroz koji se propušta elektrolit za dekontaminaciju. Navedene specifičnosti elektrokemijske dekontaminacije ukazuju da ovaj postupak ima niz karakteristika koje treba da posjeduje dobar proces dekontaminacije metala. Njegova priprema na metalne dijelove procesne ima puno opravdanje, naročito ako se pri konstruiranju opreme primjene rješenja koja će omogućiti da sve prednosti ovog postupka dekontaminacije dodu do punog izražaja.

LITERATURA

- Larson, D.E.; Allen, R.P.; Berger, D.N.; Bryan, G.H.; Place, B.G.: Proc. Symp. Waste Manage 1987 (Waste Manage '87, Vol. 1) 547.
- Turner, A.D.; Junkinson, A.D.; Pottiger, J.S.; Dawson, R.K.: American Nuclear Society Conference, Niagara Falls, 1986, 1226.
- Turner, A.D.; Dell, R.M.: Atom 331 (1984) 7.
- Metal Finishing, 48th Gude-Directory Issue 1980, 78 (1980) No. 1A.

ABSTRACT

ON ELECTROCEMICAL DECONTAMINATION OF PROCESS EQUIPMENT

Electrochemical procedures are customary for simple and efficient decantamination of process equipment for nuclear technologies. The basis of this procedure, which is applied on metal parts of process equipment, consists in electrochemical polishing. The possibility of the decontamination of complicated equipment, accessible with difficulty, and also of the direction and control of the process from a certain distance represents a great advantage of this decontamination procedure.

O DEKOMISIJI NUKLEARNIH POSTROJENJA

Marković B. I Despotović R.
Institut "Ruđer Bošković"
Zagreb, p.p. 1016

SAŽETAK - Radiološka zaštita na prostoru nuklearne elektrane (NPP) nastavlja se i nakon eksploatacionog vijeka NPP. Budući da program dekomisije NPP kod nas nije elaboriran i prihvaćen, autori daju opće okvire i probleme sugerirajući neophodne aktivnosti za realizaciju programa dekomisije NPP.

UVOD

Kod nas je u širokoj primjeni korištenje radioaktivnih izotopa od nivoa obilježivača do vrlo snažnih izvora ionizirajućih zračenja uz rad eksperimentalnih nuklearnih reaktora do eksploatacije topline nuklearnih reakcija za proizvodnju električne energije u nuklearnoj elektrani (1). U visoko razvijenim državama sastavni dio dokumentacije za pridobivanje građevinske i uporabne dozvole je i program dekomisije nuklearnog postrojenja. Kod nas nije takva praksa zakonski regulirana, što je poseban problem u vezi nuklearne elektrane (NPP). Radi potrebe rješavanja ovog izuzetno odgovornog zadatka neophodno je provesti odgovarajuće akcije u skladu sa svjetskom praksom i preporukama IAEA (2).

DEFINICIJA STANJA I PROBLEMA

Rad NPP uvjetovan je odgovarajućom dokumentacijom te internim i eksternim sistemom kontrole, a u skladu sa odgovarajućim legislativnim okvirima. Jedan od uvjeta za puštanje u rad NPP određuje i uslovljenost rada NPP izradom programa dekomisije, koji mora biti akceptiran odgovarajućom procedurom (3). Legislativni okviri nisu utvrđeni i shodno tome program dekomisije kao akceptirani dokument ne postoji. NPP se ne može staviti izvan pogona do izvršenja ove obveze.

RJEŠAVANJE PROBLEMA

1. Činjenica, da je u eksploataciji NPP uz niz snažnih izvora ionizirajućeg zračenja, upućuje na neophodnost izrade i donašanja normativnih dokumenata koji određuju uvjete provedbe dekomisije nuklearnih postrojenja i snažnih izvora ionizirajućeg zračenja,
2. Radom NPP proizvodi se ozračeno nuklearno gorivo, za koje nisu utvrđeni niti legislativni niti strateški okviri gospodarenja, posebno ne za uvjete dekomisije nuklearnog postrojenja, koji se problem mora riješiti,

3. Proces dekomisije može se provesti samo uz postojanje legislativno uokvirenih uvjeta dekomisije, što podrazumijeva i rješen problem odlaganja radioaktivnih otpadnih materija RAO svih nivoa radioaktivnosti. Budući da kod nas nije niti izrađen tender za gospodarenje RAO odgovarajućeg nivoa radioaktivnosti iz dekomisioniranog NPP, neophodno je potrebno izraditi prijedlog za tender o gospodarenju sa RAO iz procesa dekomisije,
4. Budući da ne postoje kriteriji za izbor lokacija za nuklearne objekte koji su u kauzalnoj vezi sa mogućim tehnološkim rješenjima, Uputno bi bilo da se temeljitom stručnom revizijom postojećeg materijala u raspravi (4), što promptnije izrade stručno prihvatljivi kriteriji, koji vode računa i o neophodnosti dekomisije NPP,
5. Potrebno je raspraviti oportunost primjene i usvajanja tro-stupnjevanog definiranja dekomisije (2).

Isto je tako potrebno definirati, prema uobičajenoj praksi primjenu legislativnih okvira za tri uvjeta dekomisije:

a - prijevremena dekomisija NPP, koja nije uzrokovana nikakvim posebnim uzrokom na samoj NPP,

b - dekomisija NPP prije kraja eksploatacionog vijeka radi nastanka uvjeta i potrebe za dekomisijom, te

c - dekomisija NPP nakon eksploatacionog vijeka.

Provedba svih ovih aktivnosti, kao minimalnog programa iz ukupnog programa aktivnosti organiziranih za rješavanje dekomisije NPP, osigurava stvaranje osnove za početak rješavanja sigurnosno i tehnološki vrlo složenog zadatka.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Okvirni pregled stanja, potreba i obveza u rješavanju dekomisije nuklearnih postrojenja upućuje:

- na neophodnost vrlo promptnog pristupa definiranju postojećeg stanja i potreba u vezi dekomisije za NPP i
- potpunu nespremnost za zatvaranje nuklearnih postrojenja jer nisu ostvarene niti legislativne niti minimalno potrebne sigurnosno tehnoleške predispozicije za provedbu dekomisije na nuklearnim postrojenjima.

ON THE DECOMMISSIONING OF NUCLEAR FACILITIES

The radiation protection must continue even after the end of the exploatation period of the Nuclear Power Plant (NPP). Since the decommissioning programme of NPP is not elaborate nor accepted, the authors give the general approaches and problems suggesting urgent actions regarding the realization of the NPP decommissioning programme.

REFERENCES:

(1) Despotović R., Proc. III. Italian - Yugoslav Symposiun on Low Level Radiation: Achievements, Concerns and Future Aspects, Plitvice (1990) 285.

(2) Health Implications of Nuclear Power Production. Report on a Working Group WHO, Copenhagen (1975) 37.

(3) Despotović R., Uvjeti za puštanje u probni rad NEK, Ad. II Waste Management.

(4) "Kriteriji za izbor lokacija za termoelektrane i nuklearne objekte", Zagreb (1991) 32.

XVI Jugoslavenski simpozijum za zaštitu od zračenja
Neum, 28.-31. 05. 1991.

Musić S., Ristić M. i Forić J.

DENITRIRANJE SIMULIRANOG VISOKORADIOAKTIVNOG OTPADA

Sažetak: **Različiti organski reducensi mogu se koristiti za denitriranje tekućeg visokoradioaktivnog otpada (VRAO). U ovom radu optimiziran je kemijski sastav simuliranog VRAO. Ispitani su različiti parametri koji djeluju na reakcije denitriranja simuliranog VRAO s mravljom kiselinom i nađeni najpovoljniji uvjeti denitriranja.**

Tekući visokoradioaktivni otpad (VRAO) sadrži velike količine vezanih i slobodnih nitrata. Koncentracija dušične kiseline može varirati između 2,06 i 7 M ovisno o kemijskim uvjetima reprocesiranja ozračenog nuklearnog goriva.

Denitriranje VRAO može se postići evaporacijom dušične kiseline i termičkom razgradnjom suhog ostatka kod visoke temperature ili redukcijom nitrata s organskim reducensom. Za kemijsku razgradnju nitrata u vodenoj otopini koriste se različiti organski reducensi, na primjer, mravlja kiselina, formaldehid, para-formaldehid, saharoza, etanol, metanol, itd. Svaki od navedenih organskih reducensa djeluje specifično na reakcije denitriranja.

Osnovna karekteristika procesa denitriranja s mravljom kiselinom, HCOOH, je malo povećanje konačnog volumena reakcijske smjese, visok stupanj razgradnje nitrata, mogućnost uklanjanja suviška HCOOH i zadovoljavajuća sigurnost procesa u tehnološkim uvjetima. Kod denitriranja s HCOOH odvija se simultano nekoliko kemijskih reakcija, a ravnoteža ovisi o početnom koncentracijskom odnosu (HCOOH)/(NO_3^-).

Formaldehid, CH_2O, se može također koristiti kao organski reducens za denitriranje VRAO, na primjer u tehnologiji PAMELA (Phosphate Glass Solidification and Metal Embedding of Liquid Active Waste). CH_2O posjeduje veliku redukcijsku moć, kada su u pitanju nitrati, ali je s druge strane nezgodan zbog volatilnosti i prisutnosti 10 % - tnog CH_3OH koji služi kao stabilizator. Kod primjene para-formaldehida problem predstavljaju polimerizacijski produkti u obliku čvrste faze. Stvarne kemijske reakcije denitriranja s formaldehidom slabo su ispitane, a najčešće se navode slijedeće reakcije

$$4HNO_3 + CH_2O \longrightarrow HCOOH + 2N_2 + H_2O \qquad (1)$$

$$4HNO_3 + CH_2O \longrightarrow 4NO_2 + CO_2 + 3H_2O \qquad (2)$$

$$4HNO_3 + 3CH_2O \longrightarrow 4NO + 5H_2O + 3CO_2 \qquad (3)$$

Saharoza je dobar reducens za nitrate u vodenom mediju, na primjer, kada su prisutni u biotehnološkom otpadu. Denitriranje sa saharozom je vremenski puno duže, nego denitriranje s HCOOH ili CH_2O. Reakcija denitriranja HNO_3 sa saharozom može se prikazati jednadžbom:

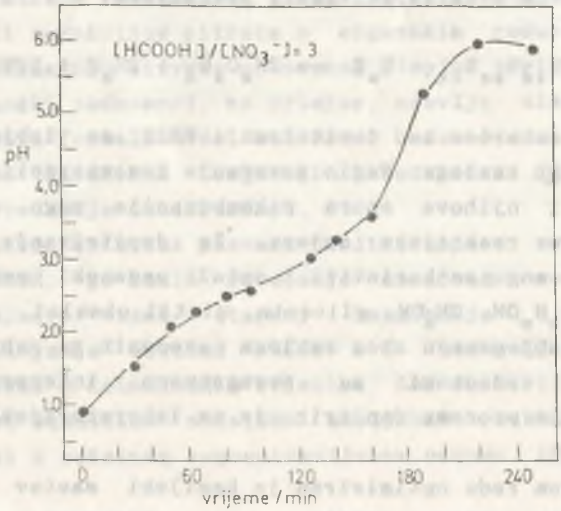
$$12HNO_3 + C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow 6H_2C_2O_4 + 2H_2O + 12NO \qquad (4)$$

Primjena saharoze kod denitriranja VRAO se izbjegava zbog sigurnosnih razloga. Naglo povećanje koncentracije slobodnih radikala i njihova spora rekombinacija mogu dovesti do eksplozije reakcijske smjese. Za denitriranje VRAO, u principu, mogu se koristiti i ostali organski reducensi na primjer C_2H_5OH, CH_3OH, glicerin, dietil oksalat, itd., ali se isti izbjegavaju zbog razloga navedenih za saharozu. Ovi organski reducensi su prvenstveno interesantni za ispitivanje procesa denitriranja na laboratorijskom nivou.

U ovom radu optimiziran je kemijski sastav suspenzije simuliranog VRAO (Tablica I). Navedena suspenzija simuliranog VRAO denitrirana je s mravljom kiselinom. Slika

Tablica I. Kemijski sastav simuliranog VRAO

Kemijski spoj	Konc./M	Kemijski spoj	Konc./M
$RbNO_3$	$1,0 \times 10^{-2}$	$Gd(NO_3)$	$2,0 \times 10^{-3}$
$CsNO_3$	$5,4 \times 10^{-2}$	MnO_2	$2,2 \times 10^{-2}$
$Sr(NO_3)_3$	$2,7 \times 10^{-2}$	SnO_2	$7,5 \times 10^{-4}$
$Ba(NO_3)_3$	$2,7 \times 10^{-2}$	Sb_2O_3	$2,0 \times 10^{-4}$
$Ni(NO_3)_3$	$3,1 \times 10^{-2}$	ZrO_2	$1,6 \times 10^{-1}$
$Cd(NO)_3$	$2,0 \times 10^{-3}$	RuO_2	$5,9 \times 10^{-2}$
$Cr(NO_3)_3$	$2,7 \times 10^{-2}$	$Rh(NO_3)_3$	$9,3 \times 10^{-2}$
$Fe(NO_3)_3$	$7,8 \times 10^{-1}$	$Pd(NO_3)_3$	$2,5 \times 10^{-2}$
$Y(NO_3)_3$	$1,6 \times 10^{-1}$	$AgNO_3$	$2,0 \times 10^{-3}$
$La(NO_3)_3$	$2,4 \times 10^{-1}$	Na_2MoO_4	$9,9 \times 10^{-2}$
$Ce(NO_3)_3$	$5,1 \times 10^{-2}$	Na_2SeO_3	$1,1 \times 10^{-3}$
$Pr(NO_3)_3$	$2,3 \times 10^{-2}$	Na_2TeO_3	$1,2 \times 10^{-2}$
$Sm(NO_3)_3$	$1,4 \times 10^{-2}$	Na_2HPO_4	$1,1 \times 10^{-1}$
$Eu(NO_3)_3$	$3,0 \times 10^{-3}$	HNO_3	4,0



Slika 1 Promjena pH u ovisnosti o vremenu denitriranja suspenzije simuliranog VRAO

1 prikazuje promjenu pH u ovisnosti o vremenu denitriranja suspenzije simuliranog VRAO. Mjerenje pH je započeto nakon dodavanja ukupnih količina reaktanata uz početni koncentracijski odnos $(HCOOH)/(NO_3^-) = 3$. Temperatura uljne kupelji je podešena kod 110 C, a reakcijska smjesa je miješana tokom procesa denitriranja. Suvišak HCOOH uklonjen je dodatkom H_2O_2.

Dokazano je da kinetika denitriranja ovisi o starosti suspenzije VRAO. S vremenom starenja suspenzija VRAO postaje sve reaktivnija. Elementi platinske grupe, rutenij, rodij i paladij kataliziraju reakcije denitriranja. U okviru ovog rada optimizirane su količine Ru, Rh i Pd za denitriranje suspenzije VRAO do potrebnog nivoa. Nakon oksidacije suviška HCOOH s H_2O_2 moguće je postići vrlo visoke pH vrijednosti (pH 9 i više). Viševalentni metalni kationi postepeno talože s povećanjem pH. Difrakcijom X-zraka i Moessbauerovom spektroskopijom je pokazano da su getit i amorfna frakcija glavne faze u denitriranom talogu. Primjenom postupka denitriranja moguće je odvojiti radioizotope alkalijskih i zemnoalkalijskih elemenata. Ovi radioizotopi mogu se zatim imobilizirati pomoću granuliranih zeolita. Na taj način vitrifikat VRAO oslobađa se radioizotopa cezija i stroncija za koje je poznato da pokazuju znatno veće brzine ispuštanja iz staklenog matriksa, nego što pokazuju viševalentni metalni kationi.

Abstract Various organic reductants, such as formic acid, formaldehyde, sugar, etc., can be applied for the denitration of highly radioactive liquid waste (HRLW). In this work the chemical composition of simulated HRLW was determined. Diferent parameters which affect the denitration reactions with formic acid were investigated. Favourable conditions for the denitration of simulated HRLW with formic acid were found.

XVI JUGOSLOVENSKI SIMPOZIJUM ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
NEUM, 28 -31. 05. 1991.

MOGUĆNOST RHB DEKONTAMINACIJE POMOĆU POVRŠINSKI AKTIVNIH SUPTANCI

Petrović,D.,Kosanić,M., Petrović,B., Hrgović,N.,Radenković,B.
UKC, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović, Beograd, Deligradska 29.

R e z i m e

Mogućnost RHB dekontaminacije pomoću površinski aktivnih supstanci, posebno pomoću pene je diskutovana na osnovu literaturnih podataka i sopstvenih rezultata. Mogućnost RHB dekontaminacije je razmotrena kako u pogledu veličine (faktora dekontaminacije) tako i potrebnog vremena dekontaminacije, odnosno vremena adsorpcije kontaminanata na lamelu mehura pene, prečnika 1 mm.

Mogućnost primene RHB dekontaminacije pomoću pene je definisana veličinom dimenzije čestica prisutnih u vazduhu i dužinom vremena potrebnog za odredjeni stepen adsorpcije na zidove mehura. Prelaz adsorbovanih čestica sa zidova mehura u medjumehursku tečnost-tečnu fazu pene i njihova reakcija je predmet izučavanja hemijskih i fizičko-hemijskih procesa.

Pri razmatranju mogućnosti primene RHB dekontaminacije vazduha pomoću pene, posmatramo dve krajnje mogućnosti:
- sprečavanje širenja kontaminanta (u slučaju hemijski inertnih kontaminanata) i
- trajna dekontaminacija kontaminanta (u slučaju kada su kontaminanti hemijski aktivni i reaguju sa tečnom fazom).

U pogledu geometrije,postoje tri mogućnosti:
- izmena kontaminanta izmedju vazduha u zatvorenom prostoru i pene,
- prepokrivanje izvora kontaminacije odredjenim slojem pene i
- pravljenje pene sa kontaminiranim vazduhom.

Izmena kontaminanta izmedju vazduha i pene je spor proces i zavisi od difuzije čestica i gasova u penu, pogodan je za spore (difuzne) procese kontaminacije.

Prepokrivanjem izvora kontaminacije odredjenim slojem pene može se sprečiti širenje kontaminanta u slobodan prostor. Za inertne kontaminante sprečavanje širenja se može postići od nekoliko časova do nekoliko dana i zavisi od fizičkih karakteristika kontaminanta i ekonomskih mogućnosti. Za inertan gas radon (^{222}Rn) brzina prolaza kroz penu je 1 mm/min. Hemijski aktivni kontaminanti mogu se trajno sprečiti da prodru u slobodan prostor. Takodje, bakterije i virusi se mogu prepokrivanjem, sprečiti da prodru u slobodan prostor i pogodnim dezinfekcionim rastvorima dekontaminirati.

Pravljenje pene sa kontaminiranim vazduhom je moguće postići najbrže i najuspešnije RHB dekontaminaciju vazduha (1). Brzina adsorpcije na zidove mehura pene i veličina dekontaminacije je data jednačinom Fush-a (2) i rešenjima ove jednačine koju je dao Jury (3):

$$Q/Q_0 = 6\pi^{-2} \quad e^{-t/\tau} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

gde je: Q- količina kontaminanta posle RHB dekontaminacije, Q_0- količina kontaminanta pre RHB dekontaminacije, t- vreme, sec i τ- vremenska konstanta za odredjene relacije, prema rešenjima Jury-a i iznosi u našem slučaju 4.10^{-5} sec^{-1}.

Pored ovog procesa, koji je prikazao Fush (2), kod kontaminanta većeg prečnika na veličinu dekontaminacije utiče i brzina sedimentacije. Čestice manjeg prečnika i molekuli gasa (i pare) stiču na zidove mehura usled difuzije, a čestice većeg prečnika usled sedimentacije (4).

Sedimentacija je data u obliku:

$$Q/Q_0 = e^{v_s t} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

gde je: Q i Q_0 količina kontaminanta posle i pre RHB dekontaminacije, identično kao u jednačini 1, t-vreme, (sec), v_s-brzina sedimentacije (13), (m sec^{-1}).

Q/Q_0 predstavlja recipročnu vrednost faktora dekontaminacije i iznosi 1/FD.

Rešavajući jednačine 1. i 2. za veličinu dekontaminacije usled difuzije za vrednost $Q/Q_0 = 10^{-6}$ i za veličinu

dekontaminacije usled sedimentacije za vrednost $Q/Q_0 = 10^{-6}$, dobijemo potrebna vremena za adsorpciju kontaminanta na zidove mehura pene, prečnika 1 mm. Ova rešenja su grafički prikazana na slici 1.

Na slici 1, kriva 1 predstavlja odnos vremena dekontaminacije za koje se postigne FD = 10^6 i prečnika molekula, odnosno čestice, (za prečnike mehura od 1 mm) zbog difuzije. Na istoj slici, kriva 2 predstavlja odnos vremena dekontaminacije za koje se postigne FD = 10^6 i prečnika čestice, (za prečnike mehura od 1 mm) zbog sedimentacije. Maksimalno vreme od 400 sec (7 min) je za dekontaminaciju vazduha od čestica prečnika $2,2.10^{-8}$m ($2,2.10^{-2}$/um).

Prema tome, grupe molekula gasa (prečnika 5.10^{-8}m), virusi i proteini (prečnika 3.10^{-9} - 5.10^{-8} m) i čadj (prečnika 10^{-8} - 3.10^{-7}) se najsporije adsorbuju na zidove mehura, ali još uvek za realne uslove izvodljivo (7 min). Tehničkim rešenjima i smanjenjem prečnika mehura ispod 1 mm, moguće je ovo vreme skratiti.

Prelaz kontaminanta sa obloge mehura u rastvor (tečnu fazu pene) i njegova dekontaminacija su fizičko-hemijski procesi. Moguće su reakcije kontaminanta i tečne faze i na samoj oblozi mehura.

Za čestice prečnika 0,1/um (10^{-7}m) brzina sedimentacije i brzina Brown-ovog kretanja su približno jednake (4). Za čestice manjeg prečnika brzine Brown-ovog kretanja su sve značajnije u odnosu na brzinu sedimentacije. Nemamo podataka niti objašnjenja kako Brown-ovo kretanje utiče na veličinu i brzinu adsorpcije čestica na zidove mehura pene, a time i na dekontaminaciju.

Rezultati ispitivanja

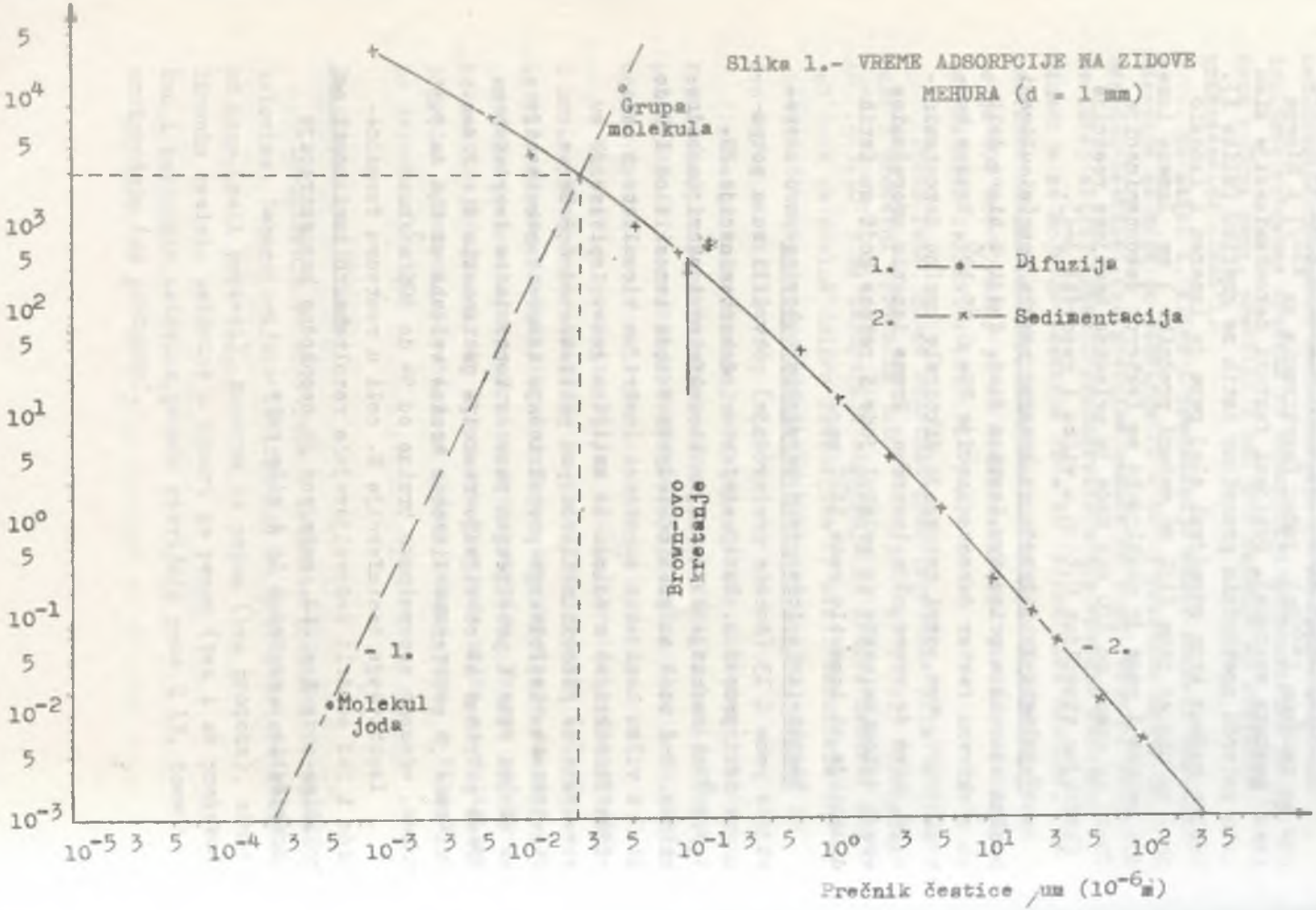
Ispitivanja su obavljena u laboratorijskim i terenskim uslovima. Laboratorijska ispitivanja su obavljena sa: kolonom od pene (mali protoci), komorom sa penom (bez protoka), simuliranim realnim uslovima u komori sa penom (bez i sa protokom) kao i terenskim uslovima pomoću razvijača pene Q 13, domaće proizvodnje (sa protokom).

Rezultati ispitivanja sa komorom pomoću pene su obavljena sa radonom (^{222}Rn), jodom (markiranim sa ^{131}J) i hlorom (bez protoka vazduha). Dobijeni faktori dekontaminacije nisu dali potvrdu prethodnih proračuna datih na grafiku (Slika 1). Prolaz radona kroz odredjeni sloj pene je izmeren i iznosio je 1 mm/min za pene čiji su mehuri prečnika 1 mm. Izmena izmedju mehura i pene je postignuta sa faktorom dekontaminacije FD=15 za vreme od 120 min kada je prisutna hemijska reakcija (natrijum tiosulfat 0,33 % u višku i gasoviti jod).

Rezultati ispitivanja sa komorom pomoću pene(simulirani realni uslovi) u prisustvu čestica dima, čadji i hlora dali su očekivani faktor dekontaminacije FD= 6,15.10^6. Brzina kontaminacije, kao spori proces je diktirala brzinu dekontaminacije, tako da vreme nije izmereno. Prema iznetim proračunima vreme dekontaminacije za molekul joda i radona koji su istih dimenzija bi iznosilo reda 10^{-2} sec.

Rezultati ispitivanja u terenskim uslovima pomoću razvijača pene Q 13 (domaće proizvodnje) potvrdili su u potpunosti dati proračun. Dobijeni faktori dekontaminacije FD= 4,7.10^6 za reakcije sa natrijum tiosulfatom i natrijum hidroksidom. Pri tome su stehiometrijski odnosi iznosili od 1,7 do 11,7 u višku hemijskih supstanci (natrijum tiosulfata i natrijum hidroksida) u odnosu na količinu gasa. Ispitivanja su obavljena sa gasovitim hlorom pod pritiskom od 6,5 Bar-a. Obavljena su ispitivanja prepokrivanja izvora kontaminacije sa slojem pene i pravljenjem pene sa kontaminiranim vazduhom. Vreme potrebno za obavljanje reakcije je iznosilo 1 - 2 sec. Pri tome je postignuta linearna brzina vazduha od 0,6 do 3,35 m/sec, odnosno zapreminska brzina od 54 do 306 m^3/h.

Ispitivanja dezinfekcije E. coli u rastvoru formaldehida i PAS su dali zadovoljavajuće rezultate. U zavisnosti od količine prisutne PAS, smanjena je neophodna koncentracija formaldehida u rastvoru 10 i više puta.



Slika 1.- VREME ADSORPCIJE NA ZIDOVE MEHURA (d = 1 mm)

Zaključak:

Primena PAS u RHB dekontaminaciji je u potpunosti moguća. Sve osobine PAS mogu biti od koristi u primeni (kvašenje, rastvaranje, velika granična površina i povećana koncentracija rastvorenih supstanci na površini). Posebno je interesantno udruženo dejstvo PAS i drugih klasičnih sredstava za RHB dekontaminaciju. Najinteresantniji oblik primene PAS je pena, a posebno visoko-ekspanzivna pena. Kod toksičnih gasova, sem prevodjenja u rastvor, moguće je izvršiti i hemijske transformacije u neškodljive proizvode ili proizvode sa upotrebnom vrednošću.

Literatura

1. Petrović, D.: Magistarski rad, Farmaceutsko Biohemijski fakultet sveučilišta u Zagrebu (1973).

2. Fush, N.A.: The Mehanics of Aerosols" (1955), U.S.Army Chemical Center - transilated 1958.

3. Jury S.H.: ORNL - TM - 1589 report (1966).

4. Spurny, K., Jech, Č., Sedlaček, B.Štorch, O.:"Aerosoly" Ed. Statni Nakladdatelstvi technickie literatury str.23 i 43 (1961).

POSSIBILITY OF RCB DECONTAMINATION BY SURFACE ACTIVE SUBSTANCES

Petrović,D.,Kosanić,M.,Petrović,B.,Hrgović,N.,Radenković,B.
UKC Institut of Occupational and Radiological Health
"Dr Dragomir Karajović, Belgrade, Deligradska 29

S u m m a r y

Possibility of RCB decontamination by surface active substances, particularly by foam is discussed,based on the literary and own data. Possibility of RCB decontamination is considered taking into account the dimension (factor of decontamination) as well as necessary time of decontamination, the time of the adsorption of contaminants on the lamella of the bubble of foam, with diameter of 1 mm.

XVI Jugoslovenski Simpozijum za Zaštitu od Zračenja, Neum,28-31.05.1991.g.

LIZIMETRIJSKA ISPITIVANJA PROFILA MIGRACIJE RADIONUKLIDA IZ SOLIDIFIKOVANIH RAO FORMI

Perić A., Kostadinović A. Plećaš I.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča,Beograd

SAŽETAK

U radu su prezentirana početna eksperimentalna ispitivanja nivoa i dominantnih pravaca migracije radionuklida imobilisanih u cementnim matriksima, u zavisnosti od fizičko-hemijskih i reoloških parametara odabranog trajnog odlagališta RAO materijala niskog i srednjeg nivoa aktivnosti. Lizimetrijskim ispitivanjima su obuhvaćene i moguće varijacije stabilnih uslova koji vladaju na odlagalištu, kao i akcidentalni uslovi, i uticaj iniciranih promena na merene veličine.

UVOD

Lizimetrijska ispitivanja solidifikovanih RAO formi su nov pristup u definisanju ponašanja RAO materijala niskog i srednjeg nivoa aktivnosti imobilisanih u izabranim cementnim matriksima. Ovim ispitivanjima se pokušava podražavanje uslova koji vladaju na realnom, trjanom odlagalištu RAO materijala, pri čemu je jedan od akcenata u ispitivanjima stavljen na pojavu mogućih akcidentalnih uslova na području odlagališta. Bitno odredjenje lizimetrijskom sistemu daje granulometrijski sastav i fizičko-hemijski parametri okruženja RAO solidifikata, i njihov uticaj na nivo izluživanja radionuklida iz sastava RAO. Pri ovim ispitivanjima prati se i uticaj navedenih karakteistika odlagališta na odredjenje i moguće promene dominantnog mehanizma migracije-difuzije, i dominantnog pravca migracije radionuklida, pri stabilnim,redovnim i akcidentalnim uslovima na odlagalištu. Lizimetrijska ispitivanja upotpunjuju bazu podataka potrebnih za odluku o vrsti i načinu izgradnje odlagališta RAO materijala sa stanovišta njihovog sigurnog impakta sa prirodnim okruženjem. [1,2,3,4,5,6]

Ispitivanja se vrše u cilju definisanja fizičko-hemijskih osobina RAO solidifikata i njegove mehaničke i otpornosti na fleksiju tokom perioda odlaganja u redovnim i akcidentalnim uslovima. Brzina migracije radionuklida Cs-137(Cs-133 u eksperimentima na "hladno"),odredjivaće se i prema uticaju fizičko-hemijskih parametara okruženja RAO solidifikata: temperature,kiselosti,nivoa zasićenosti okruženja tečnom fazom i prisustvu različitih,na strukturu i kvalitet maltera-betona agresivnih agenasa. Pretpostavka je da sinergetsko dejstvo svih nabrojanih parametara utiče i na dominantni, vertikalni pravac izluživanja radionuklida iz RAO solidifikata.

EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperiment je u radu sa simuliranim i realnim RAO materijalom podeljen u dva dela:

a. ispitivanje mehaničkih i reoloških karakteristika RAO solidifikata;

b. ispitivanje fizičko-hemijskih osobina solidifikata: prema elektroprovodljivosti solidifikata; brzine izluživanja i efektivnog koeficijenta difuzije radionuklida iz sastava RAO.

Ispitivanje mehaničke otpornosti se vrše na uzorcima oblika kocke, stranice 4 cm. Ispitivanja na fleksiju betonskih uzoraka se vrše na uzorcima oblika paralelopipeda (4x4x16 cm). Odredivanje elektroprovodljivosti-elektrootpornosti cementa i RAO solidifikata se vrše na uzorcima oblika valjka(D=11 cm, H=22 cm). Ispitivanja sa ciljem odredjivanja brzine izluživanja i efektivnog koeficijenta difuzije se vrše nad uzorcima oblika ortocilindra (D=H=7 cm). Svi uzorci su pre eksperimentalnog tretmana kondicionirani 28 dana u klima komori(temperature T=25°C, i relativne vlažnosti h=60%).

Uzorci se podvrgavaju uslovima izluživanja radionuklida definisanim:

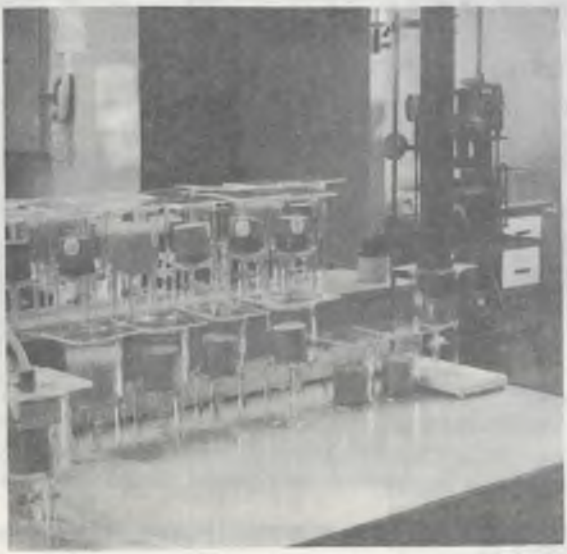
1. klasičnom Hespeovim eksperimentom, modifikovanim za gabarite uzorka,tako i izluživanju pri različitom granulometrijskom i hemijskom sastavu okruženja solidifikata: staklene kuglice srednjeg prečnika $D_{(1)}$=3 mm, $D_{(2)}$=4 mm, i hemijskog sastava: koncentracija Cl^- do 25 g/l i SO_4^{2-} do 20 g/l u leachant-u - Slika 1.

2. atmosferom oko solidifikata konstantne temperature T=37°C - Slika 2.:

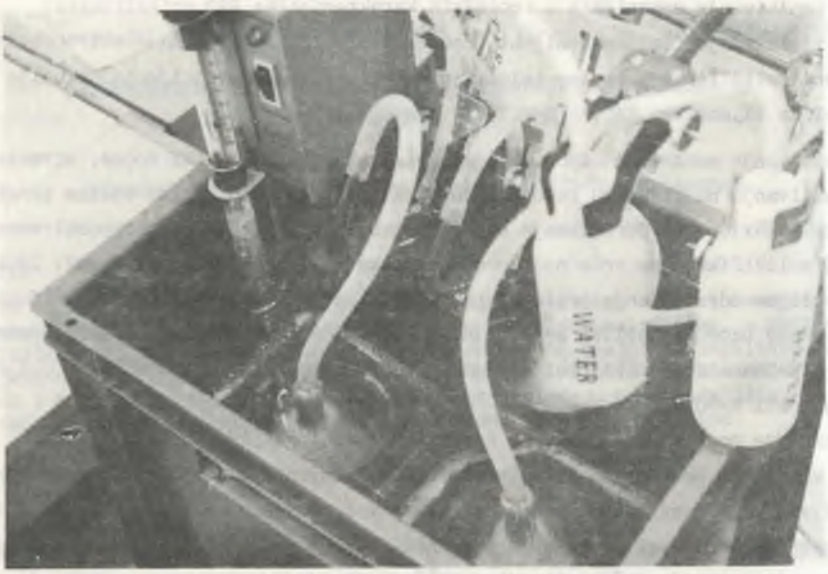
a. vlažnim vazduhom sa i bez CO_2,

b. vlažnim vazduhom zasićenim SO_4^{2-},

c. vlažnim vazduhom zasićenim Cl^-.



Slika 1.-Sistem aparatura sa uzorcima cementnih-RAO solidifikata sa različitim granulimetrijskim i hemijskim sastavima okruženja uzoraka,i aparaturom u kojoj na uzorak deluje dodatni pritisak od 1m vodenog stuba.



Slika 2.-Sistem aparatura sa uzorcima izloženih dejstvu vlažnog vazduha zasićenim vodom, rastvorom SO_4^{2-} i Cl^-), pri T=37°C.

Slika 3.-Sistem aparatura sa uzorcima izloženih dejstvu atomizirane tečne faze: H_2O i rastvora Cl^-.

Svi vlažni gasoviti influenti u proces donose pritisak od 0,1 at na gornju površinu RAO solidifikata.

3. izluživanjem radionuklida u dinamičkim uslovima vodjenja procesa pri čemu je tečna fzaa atomizirana - Slika 3.

4. dejstvom dodatnog pritiska na gornju površinu solidifikata od 1m vodenog stuba (0,1 at) - Slika 1.

REZULTATI

Ispitivanja su u svojoj razvojnoj fazi i prvi rezultati ne mogu u potpunosti pretstavljati verodostojne i indikativne pokazatelje ponašanja cementnih RAO solidifikata.

ZAKLJUČAK

Eksperimentima koji su započeti se nastavlja serija ispitivanja kojima se prati ponašanje RAO solidifikata u različitim uslovima okruženja,kao i interakcija solidifikata i sredine-trajnog odlagališta RAO materijala niskog i srednjeg nivoa vezane aktivnosti. Krajnji cilj izvedenih i budućih ispitivanja i eksperimenata je potvrda sposobnosti izabranih cementnih matriksa da obezbede bezbedno odlaganje opasnih,radioaktivnih materijala u čovekovoj životnoj sredini.

ABSTRACT

Paper presents the preliminary investigations of the leach-rate and dominant pathways of the radionuclides,immobilized in cement matrix,as a function of the physico-chemical and mechanical properties of the choosen site for the LL- and IL-radioactive waste disposal. In the lysimeter-test investigations,varying the steady-state and some aspects of the accidental conditions on the site are implemented, in attempts to estimate the influence of the initiated circumstances on the prospected caracteristics of Rad.waste.

LITERATURA:

1. A.Perić: "Lysimeter project-"Lyssia"-stage project in DSD-SCS,CEN-Saclay", Gif-sur-Yvette,Sept.1990-Mars 1991.

2. A.Perić: "Characterization of the cement-simulated rad.waste mixture formulations utilized in the lysimeter-project "Lyssia"-stage project in DSD-SCS,CEN--Saclay",Gif-sur-Yvette,February 1991.

3. I.Plećaš,A.Perić,A.Kostadinović,"Radionuclide migration through porous cement--waste composition in semi-real conditions",Proc.Symp."Radiation Protection Selected Topics",Dubrovnik,okt.2-6.1989,p.636.

4. E.D.Hespe:"Leach testing of Immobilized Radioactive Waste Solids",Atomic Energy Rev.9,1971.

5. G.W.Gee,T.L.Jones:"Lysimeters at the Hanford site:present use and future needs", Pacific Northwest laboratory,Richland,Washington,October 1985.

6. L.P.Buckley,K.E.Philipose,J.Torok:"Engineered barriers and their influence on source behavior".International Symposium on management of Low- and Intermediate-level radioactive wastes,Stockholm,Sweden,16-20 May 1988.(IAEA-SM-303/120).

OBRADA TEKUĆEG RADIOAKTIVNOG OTPADA UPOTREBOM GRANULIRANIH ZEOLITA

Subotić, B. i Bronić, J.
Institut "Ruđer Bošković" Bijenička 54, p.p. 1016, Zagreb

U V O D

Ionska zamjena u kombinaciji s taložnim procesima pokazala se je kao veoma efikasna i široko primjenljiva metoda za obradu tekućeg radioaktivnog otpada, uključujući i odvajanje radioizotopa (1). U tu svrhu, organski ionski izmjenjivači mogu u mnogim slučajevima biti zamijenjeni zeolitima kao veoma efikasnim i u mnogim slučajevima selektivnim anorganskim izmjenjivačima (1,2). Cilj ovog rada je razmatranje činilaca koji utječu na efikasnost uklanjanja radioizotopa cezija, stroncija gadolinija i cera iz otopina, kontinuiranim procesom zamnene, upotrebom kolona punjenih s granuliranim zeolitima.

D I S K U S I J A

Utjecaj tipa zeolita i pH otopine na procese zamjene

Slično kao i kationski izmjenjivači na bazi organskih smola, mnogi zeoliti imaju veći afinitet prema ionima većeg naboja (3). Međutim neki od zeolita pokazuju mnogo veći afinitet prema jednovalentnim nego prema viševalentnim kationima. Efekt ionskog sita također utječe na efikasnost zamjene, osobito u slučajevima kada neki ioni iz otopine zamjenjuju ione iz zeolita s manjim promjerom kanala (3,4). Odavde slijedi da visokosolvatizirani ioni iz otopine mogu biti djelomično ili potpuno isključeni iz procesa zamjene ako je njihov promjer veći od efektivnog promjera kanala. Mjerenja su pokazala (5) da se radioizotopi cezija gadolinija i cera mogu iz otopina najefikasnije ukloniti zamjenom s Na^+ ionima iz sintetskog mordenita ili prirodnog klinoptilolita, a radioizotopi stroncija mogu se iz otopina najefikasnije ukloniti zamjenom s Na^+ ionima iz zeolita A. Utjecaj pH vrijednosti otopine na efikasnost uklanjanja iona iz otopine

najizraženiji je kod ionskih vrsta koje blizu neutralnog područja mogu postojati u obliku hidrksikompleksa. Budući da Ce(III) i Gd(III) u bazičnom području stvaraju kompleksne katione koji se sporo zamjenjuju s Na^+ ionima iz zeolita ili čak taloge hidroksida, uklanjanje Ce(III) i Gd(III) iona iz otopine moguće je samo iz neutralnih ili slabo kiselih otopina (u jako kiselim otopinama, pH < 2, zeoliti se dekomponiraju). Zbog toga se nisko-silikatni zeoliti (zeolit A, zeolit X) koji zbog zamjene s H^+ ionima iz vode povećavaju pH otopine (do pH ≅ 11) tijekom procesa zamjene, ne mogu koristiti za uklanjanje Ce(III) i Gd(III) iona iz neutralnih otopina bez obzira na veći kapacitet zamjene zeolita A i veće efektivni otvor kanala zeolita X u odnosu na mordenit koji kao visoko-silikatni zeolit vrlo malo mijenja pH otopine. Utjecaj pH na procese zamjene Cs^+ i Sr^{2+} iona dolazi doizražaja samo kod vrlo niskih početnih koncentracija navedenih iona u otopini (sumjerljivih s koncen- tracijom slobodnih H^+ iona u otopini) zbog kompeticije procesa zamjene H^+, Cs^+ i Sr^{2+} iona iz otopine s Na^+ ionima iz zeolita (5).

Utjecaj količine zamjenljivih iona u otopini i zeolitu

Jedna od najbitnijih karakteristika koja određuje efikasnost zamjene iona iz otopine s Na^+ ionima iz zeolita je odnos količine zamjenljivih iona u zeolitu (Na^+) i u otopini. Količina zamjenljivih iona u granuliranom zeolitu je određena masom upotrebljenih granula (m_g), frakcijom aktivne izmjenjivačke supstance (zeolita) u granulama (f_z) i realnim specifičnim kapacitetom zamjene određenog tipa zeolita (Γ_z). Količina zamjenljivih iona u otopini određena je početnom koncentracijom iona u otopini (C_o) i volumenom otopine (V), propuštene kroz kolonu punjenu granuliranim zeolitom. Analiza utjecaja količine granula, početne koncentracije i volumena otopine propuštene kroz kolone je pokazala da efikasnost uklanjanja iona iz otopine raste s porastom omjera (5): $(m_g \cdot f_z \cdot \Gamma_z)/(C_o \cdot V)$, osim za veoma niske koncentracije zamjenljivih iona u tekućoj fazi kod kojih značajnu ulogu ima paralelan (kompeticijski) proces zamjene H^+ iona iz otopine s Na^+ ionima iz zeolita (5).

Utjecaj brzine protoka otopine na proces zamjene

U svim ispitivanim slučajevima (uklanjanje Cs^{+}, Sr^{2+}, Gd^{3+} i Ce^{3+}, efikasnost uklanjanja iona iz otopine opada s porastom brzine protoka otopine kroz kolone kao poslijedica smanjenja vremena kontakta između otopine i izmjenjivača. Analizom promjene koncentracije zamjenljivih iona u otopini tijekom prolaza otopine kroz kolonu i analizom raspodjele zamjenljivih kationa iz tekuće faze u koloni nakon završenog procesa zamjene (prolaza otopine kroz kolonu), izvedene su jednadžbe (6):

$$- dC_L/dt = k_1 \cdot (M_{pz} - M_z) \cdot C_L \qquad (1)$$

$$dM_z/dt = k_2 \cdot (M_{pz} - M_z) \cdot C_L \qquad (2)$$

koje predočuju diferencijalne promjene koncentracije zamjenljivih iona u tekućoj fazi (jed. (1)) i u granulama (jed. (2)) tijekom procesa zamjene, gdje C_L je koncentracija zamjenljivih iona u otopini u koloni na visini L od ulaza otopine u kolonu, M_z je specifična koncentracija (mol/g) zamjenljivih iona iz otopine u granulama na istoj visini L, M_{pz} je koncentracija zasićenja granula s ionima iz otopine i k_1 i k_2 su konstante brzine reakcije. Za niske početne koncentracije, C_o , zamjenljivih iona u tekućoj fazi (tj. $C_o \cdot V << m_g \cdot M_{pz}$) vrijedi $M_{pz} >> M_z$ i rješenje diferencijalnih jednadžbi (1) i (2) može se napisati u obliku:

$$M_z = (k_2 \cdot M_{pz} \cdot C_o \cdot V/u_v) \cdot \exp(-k_1 \cdot M_{pz} \cdot A \cdot L/u_v) = (K_2/u_v) \cdot \exp(-K_1 \cdot L/u_v) \qquad (3)$$

Jednadžba (3) predstavlja predstavlja matematički oblik raspodjele zamjenljivih iona iz otopine u koloni nakon prolaza određenog volumena, V, otopine s početnom koncentracijom C_o , zamjenljivih iona kroz kolonu i utjecaj brzine protoka, u_v , na raspodjelu. U jednadžbi (3), A predstavlja površinu horizontalnog presjeka kolone umanjenu za površinu zauzetu granulama. Integracijom jednadžbe (3) of L = 0 do $L = L_{max}$ može se izračunati totalna koncentracija zamjenjenih iona iz otopine, a odavde efikasnost zamjene i utjecaj brzine protoka na efikasnost zamjene.

Z A K L J U Č A K

Saznanja dobivena analizom utjecaja različitih parametara na procese zamjene iona iz otopine s Na^+ ionima iz granuliranih zeolita su pokazala da se podešavanjem relevantnih parametara koji određuju efikasnost zamjene u kontinuiranom procesu zamjene s Na^+ ionima iz granuliranih zeolita, mogu vrlo efikasno (više od 99,9%) ukloniti ioni-radioizotopi cezija, stroncija, gadolinija i cera u širokom koncentracijskom području. Istovremeno, navedena analiza daje osnovu za detaljno istraživanje svakog od pojedinih faktora koji utječu na proces zamjene.

L I T E R A T U R A

1. A. D. Eldsen, Progr. Nucl. Energy **13** (1984) 19.
2. K. K. S. Pillay, AIChE J. **78** (1982) 33
3. J. D. Sherman, in: Ion Exchange for Pollution Control, Vol. 2, Eds. C. Calmon and H. Gold, CRC Press Inc., Boca Raton, 1979, p. 227.
4. H. S. Sherry, J. Colloid Interface Sci. **28** (1968) 288
5. J. Bronić, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1989.
6. B. Subotić and J. Bronić, J. Radioanal. Nucl. Chem. **102** (1986) 465.

S U M M A R Y

The influence of different physico-chemical parameters (type of zeolite, pH of solution, amount of ions in solution and zeolite, flow rate of solution through column) on the exchange process of cations from solution (Cs^+, Sr^{2+}, Gd^{3+}, Ce^{3+}) with sodium ions from granulated zeolites was studied and presented in the work. The mentioned ions-radioisotopes can be very efficiently (over 99.9%) removed from solutions of different ion concentration and composition if the corresponding parameters are appropriately chosen.

XVI SIMPOZIJUM JDZZ, Neum, 28-31.05.1991. godine

S A D R Ž A J

Sekcija 1. Radioekologija stranica

1. Antić D., Telenta B.:
Primena modela oblaka na modelovanje radiološkog uticaja termoelektrana na okolinu. 7

2. Arh S.:
Tekoči in plinasti izpusti rudnika urana Žirovski vrh med začasnim neobratovanjem. 11

3. Barišić D., Lulić S., Vertačnik A.:
"Pred-Černobilski" cezij-137 na području Republike Hrvatske u tlu do dubine od 262,5 mm. 15

4. Barišić D.:
Odredjivanje krivulja distribucije cezija u tlu. 19

5. Biškup B.:
Radioaktivnost iz nuklearnih i nenuklearnih postrojenja. 24

6. Cesar D., Kovač J., Bauman A.:
Zapažanja o prisutnosti cezija-137 u padavinama od 1986- 1990. godine. 28

7. Djurić G., Popović J., Vaupotič J., Kobal I., Štegnar P.:
Koncentracije radona u dečijim vrtićima u Beogradu i okolini. 31

8. Franić Z., Bauman A.:
Koncentracija tericija u hrani. 35

9. Hajduković D.:
Trideset godina mjerenja radona 222 u radnoj i životnoj sredini (1960-1990). 39

10. Jovanović P.:
Sanacija bivalnega objekta z visokimi koncentracijami radona in radonovih potomcev. 45

11. Kljajić R., Mihalj A., Samek D.:
Specifična aktivnost prirodnih i fisionih radionuklida u sedimentima vještačkih jezera. 51

12. Kovač J., Bauman A.:
Plutonij u zraku i padavinama. 55

13. Križman M.:
Značilni primeri visokih koncentracij radona-222 v zaprtih prostorih Sloveniji in ukrepi za njihovo zmanjševanje. 59

14. Lokobauer N., Bauman A., Horvat Dj., Senčar J.:
Mjerenje radona u kućama na području Labinštine. 64

15. Lulić S., Barišić D.:
Kontaminacija Republike Hrvatske radionuklidom cezij-134 nakon akcidenta nuklearne elektrane u Černobilu. 68

16. Maračić M., Franić Z., Bauman A.:
Koncentracija stroncija-90 u mlijeku i padavinama. 72

17. Marković P., Nikezić D.:
Radioaktivnost prirodne sredine opštine Kruševac. 76

18. Marović G., Lokobauer N., Senčar J., Bauman A.:
Radij-226 u geotermalnoj vodi. 80

19. Mihaljev Ž., Bikit I., Djurić G., Čonkić Lj., Šuvakov D.:
Radionuklidi stroncijum-90 i cezijum-137 u stočnoj hrani na području Vojvodine. 84

20. Minčeva B., Cvetanovska L., Anovski T., Jovanovski N., Božinovski Z.:
Radioekologija reke Varadar. 89

21. Mirković G., Mihalj A.:
Kalijum-40 u vodotocima Bosne i Hercegovine. 93

22. Mohar T., Miklavžič U., Kobal I.:
Tritij v vodah v okolici nuklearne elektrarne Krško. 97

23. Pantelić G., Brnović R.:
Interna kontaminacija cezijumom 137 putem ishrane za stanovništvo Srbije u periodu 1986-1990. godine. 103

24. Peternel M., Čanč B., Vaupotič J., Šutej T., Kobal I., Stegnar P.:
Koncentracije radona v stanovanjih iz elektrofiltrskih gradbenih materialov v Mariboru. 107

25. Peternel M., Čanč B., Vaupotič J., Škofljanec M., Kobal I., Stegnar P.:
Koncentracije radona v vrticih iz Maribora in okolice. 111

26. Petrović I., Brnović R.:
Stroncijum-90 u padavinama i mleku u Srbiji za period 1986- 1990. godina. 115

27. Stanković S., Kraincanić M., Stanković A.:
Radiocezijum-134 i 137 u uzorcima lišaja u periodu od 1986. do 1990. godine. 119

28. Saračević L., Kljajić R., Samek D., Mihalj A.:
Fisioni radionuklidi u tlu sarajevskog regiona. 124

29. Dumani Š.:
Praćenje pada aktivnosti aerosola i padavina porijeklom od nuklearnog akcidenta u Černobilu-Kijev. 128

Sekcija 2. Radiotoksikologija

1. Cvetković M., Dobrić S., Milovanović A.:
Neki direktni kardiovaskularni efekti radioprotektora WR 2721 i WR 2823 u pacova. 135

2. Cvetković M., Milovanović A., Dobrić S.:
Uticaj radioprotektora WR 2721 na anestetsko dejstvo tiopentona (NezdonalR) u latentnom periodu akutne radijacione bolesti pacova. 139

3. Dobrić S., Cvetković M., Milovanović A.:
Urticaj acetilholina na krvni pritisak ozračenih i cistafosom (WR 638) štićenih pacova. 143

4. Dobrić S., Cvetković M., Milovanović S.R., Milovanović A.:
Efekat propranolola na aktivnost izolovanog, perfundovanog srca ozračenih i radioprotektorom WR 2721 štićenih pacova. 146

5. Gačević M., Stanković S., Mitrović R., Begović J.:
Dekontaminacija svinjskog mesa posle alimentarne kontaminacije životinja sa cezijumom-137. 150

6. Jeremić M., Panov D.:
Kritički osvrt na hipotezu o linearnoj ekstrapolaciji. 154

7. Kljajić R., Milovanović A., Herceg Z., Milošević Z., Ciganović P.:
Efikasnost WR-2721 u preveniranju ARS kod svinja nakon peroralne aplikacije. 158

8. Kraljević P., Šimpraga M., Capak D., Miljanić S.:
Aktivnost transaminaza u krvnoj plazmi pasa s udruženom radijacijskom ozljedom. 162

9. Latinović A., Dobrić S., Bokonjić D.:
Uticaj radioprotektora WR 2721 na neke zračenjem-indukovane biohemijske poremećaje u pacova. 165

10. Milovanović A., Dobrić S., Cvetković M.:
Uticaj radioprotektora WR 2823 na akutnu radijacionu bolest svinja. 169

11. Milovanović S.R., Dobrić S., Milovanović A., Cvetković M.:
Uticaj nekih radioprotektivnih supstancija na efikasnost WR 2721 u zaštiti pacova od jonizujućih zračenja. 173

12. Nikolić R.:
Prikaz slučaja unašanja uranovog oksida u organizam udisanjem. 177

13. Novak Lj., Knežević I.:
Uticaj helata na izlučivanje olova-210 u slučajevima hroničnog trovanje olovom. 180

14. Osmak M.:
Molekularni mehanizmi odgovorni za povećanu otpornost ozračenih animalnih stanica na kemijske agense. 184

15. Stojanović D.:
Mogućnost korištenja medicinskih testova za procenu patoloških efekata jonizujućih zračenja u normalnim i vanrednim situacijama. 188

16. Šimpraga M., Kraljević P., Vekić B., Kecerin B.:
Krvna slika piliča nakon aplikacije letalne doze fosfora-32. 192

Sekcija 3. Zaštita od jonizujućih i nejonizujućih zračenja

1. Alunić Lj., Perhat V., Boban S.:
Ultravioletno zračenje sunca i njegov uticaj na ljudsku kožu. 199

2. Babić S.:
Psihološki aspekti nuklearnih katastrofa. 205

3. Cremošnik-Pajić P., Savić M., Rodić-Strugar J.:
Značaj medicinske i druge dokumentacije za zaposlene u zoni jonizujućeg zračenja. 209

4. Draganović B., Vitorović G., Stanković J.:
Primena nekih novih kompleksirajućih materija u radioprotekciji mesa. 213

5. Ermacora R., Alunić Lj., Bračić V., Bilić N., Bakić J.:
Zdravstveno stanje pomoraca profesionalno izloženih mikrovalnom zračenju. 217

6. Mermolja M., Nikoloć R.:
Citološki pregledi sputuma pri rudrjih v rudniku urana Žirovski vrh. 223

7. Mihajlov A.:
Zračenje pri radu sa videoterminalima. 227

8. Milačić S., Dodić G., Joksić G., Knežević J.:
Biomonitoring kao doprinos ranoj dijagnozi i zaštiti radnika u nuklearnoj medicini. 231

9. Nikolić V., Milačić S., Tomašević M., Mirković D.:
Katarakta u radnika izloženih malim dozama jonizujućih zračenja. 236

10. Stojanović D. i Jeremić M.:
Infracrveno zračenje i efekat staklene bašte. 239

11. Prlić I., Cerovac H., Novaković M.:
Zaštita u medicinskim rendgen dijagnostikama Republike Hrvatske - danas. 243

12. Prlić I.:
Laser u medicini i industriji - problemi zaštite. 248

13. Radovanović R., Džambasević M.:
Promena jona i elektrona u jedinici vremena u vazdušnoj sredini. 254

14. Risteski A.,Milenkoski I., Aceska R., Vsileska V., Taseski Z.:
Izloženost na naselenieto od Prilepska opština na jonizantno zraćenje pri medicinsko-dijagnostička postapka. 258

15. Tomašević M., Marinković D., Košutić D.:
Sprovodjenje programa osiguranja kvaliteta i kontrole kvaliteta (QA/QC) u medicinskoj dijagnostici u Republici Srbiji. 262

Sekcija 4. Metrologija, mjerna instrumentacija, dozimetrija

1. Ambrošić D., Kovač J., Bauman A.:
Uredjaj za mjerenje WL-a. 269

2. Benderać R., Velićković Z., Vejnović D., Ristić Dj.:
Ispitivanje osetljivosti alfa-trag detektora za merenje koncentracije alfa emitera u vodi. 272

3. Bikit I., Krmar M., Vesković M., Slivka J., Čonkić Lj.:
Niskofonske karakteristike 9"x9" NaI(Tl) gama spektrometra oblika jame. 276

4. Cvetanovska L., Anovski T., Vekić B., Ranogajec-Komor M.:
Lična dozimetrija i dozimetrija okoline pomoću TLD. 282

5. Dvornik I., Miljanić S.:
Lična dozimetrija za nuklearne nesreće u svjetlu novog razvoja matematičkog modeliranja akutnih efekata zračenja. I. Kriteriji lične dozimetrije i dozimetrijski kriteriji akutne radijacijske bolesti. 286

6. Dvornik I., Miljanić S.:
Lična dozimetrija za nuklearne nesreće u svjetlu novog razvoja matematičkog modeliranja akutnih efekata zračenja. II. Dozna zavisnost preživljenja i praktične konsekvence za ličnu dozimetriju. 290

7. Djurić G., Ćupić Z., Popović D., Šmelcerović M.:
Kriterijumi za brzo odredjivanje radionuklida u mesu. 294

8. Hajduković D.:
Merenje koncentracija radonovih kratkoživećih potomaka u radnoj i životnoj sredini scintilacionom tehnikom. 298

9. Korun M.:
Avtomatska energijska kalibracija spektrov. 304

10. Kovačević M., Velićković D., Marković S.:
Merenje apsorbovane doze neutrona u tkivu pomoću tkivnoekvivalentne komore. 306

11. Milković Dj., Ranogajec-Komor M., Hebrang A., Vekić B.:
Kožne doze zračenja u rentgendijagnostici torakalnih organa djece i omladine. 310

12. Musić S., Gotić M.:
Primjena Mossbauerove spektroskopije u analizi korozijskih produkata čelika. 314

13. Orlić M.,Vujasinović D.,Lazarević V.,Paligorić D.:
Alfa sonda za merenje površinske kontaminacije sa poluprovodničkim detektorom. 318

14. Planinić J.:
Efikasnost detekcije radona. 322

15. Radmilović V., Jovašević V., Maksić R.:
Osvrt na izmene i dopune predloga Zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o nuklearnoj sigurnosti. 326

16. Ristić Dj.,Veličković D.,Kovačević M.,Pavlović R.:
Faktor nagomilavanja olovne gume za X zraćenje do 250 kV. 330

17. Ristić Dj.,Veličković D.,Kovačević M.,Pavlović R.:
Slabljenje širokog snopa X-zračenja za napone od 50 kV do 250 kV u olovnoj gumi. 334

18. Savić Z.:
Mogućnosti i ograničenja MOS dozimetrije. 338

19. Simonović J., Milićević S.:
Videoterminali i neki problemi vezani za emitovano zračenje. 342

20. Sirbubalo M.:
Profesinalna izloženost zračenju radnika u industrijskoj radiografiji u SR Bosni i Hercegoviniu periodu od 1975. do 1990. godine. 346

21. Sokčić-Kostić M., Pešić M., Antić D.:
Odredjivanje apsorpcionih doza u centralnim vazdušnim šupljinama brzih polja na reaktoru RB. 351

22. Šutej T., Valenčić A.:
Novi merilnik za določanje radona v življenjskem okolju. 355

23. Tomljenović I., Videkanić S.:
Proračun jačine ekspozicione doze za pobudjivanje signalizatora nuklearne eksplozije. 359

24. Vejnović Z., Benderač R., Ristić D.:
Kontrola prisustva radioaktivnih materija u robi na graničnim prelazima. 365

25. Vekić B., Dvornik I.:
Optimizacija zaštite od niskih doza agenasa iz okoline koji uzrokuju kronična oštećenja zdravlja. 369

26. Vekić B., Ranogajec-Komor M., Dvornik I., Piesch E., Burgkhardt B., Szabo P.:
Rezultati interkomparacije dozimetara čvrstog stanja tokom rutinskog programa monitoringa okoline. 373

27. Vujasinović D.,Orlić M.,Drndarević V.,Fortuna D.:
Verifikacija merne metode usavršene radiometrijske laboratorije LR-M2 U. 377

Sekcija 5. Biodozimetrija

1. Garaj-Vrhovac V., Horvat Dj., Koren Z.:
Odnos učestalosti mikronukleusa i specifičnih kromosomskih aberacija u ljudskim limfocitima izloženih mikrovalnom zračenju in vitro. 383

2. Hasanbašić D., Grgić G., Sofradžija A.:
Hromozomske aberacije u RTG tehničara profesionalno izloženih X zračenju. 387

3. Horvat Dj., Tonković M., Senčar J.:
Genotoksični učinak polutanata iz procesa koksiranja ugljena. 390

4. Joksić G.:
Učestalost hromozomskih aberacija i mikronukleusa u limfocitima periferne krvi nakon frakcionisanog in vitro ozračivanja izvorom X-zračenja. 394

5. Joksić G.:
Korelacija izmedju učestalosti mikronukleusa i hromozomskih aberacija nakon akutnog ozračivanja visokim dozama X-zračenja. 398

6. Kašuba V., Horvat Dj., Vlatković M.:
Utjecaj joda-131 na pojavu kromosomskih aberacija u ljudskim limfocitima periferne krvi in vitro. 402

7. Kubelka D.,Horvat Dj.,Milković-Kraus S.,Lakoski A.:
Doprinos dijagnostičkog ozračivanja promjenama u genomu ljudskog limfocita. 406

8. Marković B., Joksić G., Panov D.:
Hromozomske aberacije u uslovima profesionalne ekspozicije jonizujućem zračenju. 410

9. Milačić S., Nikolić V.:
Korelacija skora aktivnosti leukocitnih enzima sa apsorbovanim dozama jonizujućeg zračenja. 414

10. Nikezić D., Marković P.:
Alfa dozni faktori za pet režnjeva T-B stabla. 420

11. Slijepčević P.,Kljajić R.,Horšić E.,Hasanbašić D.:
Odnos doze X zračenja i hromozomskih aberacija u ćelijama koštane srži svinje. 424

12. Šentija K., Horvat Dj.:
Mutagenetski rizik u proizvodnji mineralnih gnojiva. 427

Sekcija 6. Dekontaminacija, obrada i skaldištenje RO

1. Bronić J., Subotić B.:
Uklanjanje nekih radioizotopa iz otopina upotrebom granuliranih zeolita. 433

2. Čižmek A.:
Cement kao solidifikacijski matriks za nisko i srednje - radioaktivni otpad. 437

3. Despotović R., Šarić A., Trikić S.:
Složena medjudjelovanja u dekontaminacijskim sustavima. I. dio: Modeli. 441

4. Šarić A., Trikić S., Despotović R.:
O složenim medjudjelovanjima u dekontaminacijskim sustavima. II. dio: Eksperimentalna provjera modela. 445

5. Despotović R.:
Obrada i odlaganje radioaktivnog otpada. 449

6. Maljković M.:
O elektrokemijskoj dekontaminaciji procesne opreme. 453

7. Marković B. i Despotović R.:
O dekomisiji nuklearnih postrojenja. 457

8. Musić S., Ristić M., Forić J.:
Denitriranje simuliranog visokoradioaktivnog otpada. 460

9. Petrović D., Kosanić M., Petrović B., Hrgović N., Radenković B.:
Mogućnost RHB dekontaminacije pomoću površinskih aktivnih supstanci. 464

10. Perić A., Kostadinović A., Plećaš I.:
Lizimetrijska ispitivanja profila migracije radionuklida iz solidifikovanih RAO formi. 470

11. Subotić B., Bronić J.:
Obrada tekućeg radioaktivnog otpada upotrebom granuliranih zeolita. 474

INDEKS AUTORA

Aceska R. 258
Alunić Lj. 199, 217
Ambrošić D. 269
Anovski T. 89, 282
Antić D. 7, 351
Arh S.: 11

Babić S. 205
Bakić J. 217
Barišić D. 15, 19, 68
Bauman A. 28, 35, 55, 64, 72, 80, 269
Begović J. 150,
Benderać R. 272, 365
Bikit I. 84, 276
Biškup B. 24,
Boban S. 199
Bokonjić D. 165
Božinovski Z. 89
Bračić V. 217
Brnović R. 103, 115
Bronić J. 433, 474
Burgkhardt B. 373

Capak D. 162
Cerovac H. 243
Cesar D. 28
Ciganović P. 158
Cvetanovska L. 89, 282
Cvetković M. 135, 139, 143, 146, 169, 173

Čanč B. 107, 111
Čižmek A. 437
Čonkić Lj. 84, 276
Čremošnik-Pajić P. 209
Čupić Z. 294

Despotović R. 441, 445, 449, 457
Dodić S. 231
Dobrić S. 135, 139, 143, 146, 165, 169, 173
Draganović B. 213
Drndarević V. 377
Dumani S. 128
Dvornik I. 286, 290, 369, 373

Džambasević M. 254

Djurić G. 31, 84, 294

Ermacora R. 217

Forić J. 460
Fortuna D. 377
Franić Z. 35, 72

Gačević M. 150
Garaj-Vrhovac 383
Gotić M. 314
Grgić G. 387

Hajduković D. 39, 298
Hasanbašić D. 387, 424
Hebrang A. 310
Herceg Z. 158
Horšić E. 424
Horvat Dj. 64, 383, 390, 402, 406, 427
Hrgović N. 464

Jeremić M. 154, 239
Joksić G. 231, 394, 398, 410
Jovanović P. 45
Jovanovski N. 89
Jovašević V. 326

Kašuba V. 402
Kecerin B. 192
Kljajić R. 51, 124, 158, 424
Kneževič J. 231
Kneževič I. 180
Kobal I. 31, 97, 107, 111
Koren Z. 383
Korun M. 304
Kosanić M. 464
Kostadinović A. 470
Košutić D. 262
Kovač J. 28, 55, 269
Kovačević M. 306, 330, 334
Kraincanić M. 119
Kraljević P. 162, 192
Križman M 59
Krmar M. 276
Kubelka D. 406

Lakoski A. 406
Latinović A. 165
Lazarević V. 318
Lokobauer N. 64, 80
Lulić S. 15, 68

Maksić R. 326
Maljković M. 453
Maračić M 72
Marinković D. 262
Marković B. 410, 457

Marković P. 76, 420
Marković S. 306
Marović G. 80
Mermolja M. 223
Mihajlov A. 227
Mihalj A., 51, 93, 124
Mihaljev Ž. 84
Miklavžič U. 97
Milačić S. 231, 236, 414
Milenkoski I. 258
Milićević S.: 342
Milković-Kraus S. 406
Milković Dj. 310
Milošević Z. 158
Milovanović A. 135, 139, 143, 146, 158, 169, 173
Milovanović S.R. 146, 173
Miljanić S. 162, 286, 290
Minčeva B. 89
Mirković D. 236
Mirković G. 93
Mitrović R., 150
Mohar T. 97
Musić S. 314, 460

Nikezić D.: 76, 420
Nikolić V. 236, 414
Nikoloć R. 177
Novak Lj. 180
Novaković M. 243

Orlić M. 318, 377
Osmak M. 184

Paligorić D. 318
Panov D. 154, 410
Pantelić G. 103
Pavlović R. 330, 334
Perhat V. 199
Perić A. 470
Pešić M. 351
Peternel M. 107, 111
Petrović B. 464
Petrović D. 464
Petrović I. 115
Piesch E., 373
Planinić J. 322
Plećaš I. 470
Popović D. 294
Popović J. 31
Prlić I. 243, 248

Radenković B. 464

Radmilović V. 326
Radovanović R. 254
Ranogajec-Komor M. 282, 310, 373
Risteski A 258
Ristić Dj. 272, 330, 334
Ristić M. 460
Rodić-Strugar 209

Samek D. 51, 124
Saračević L. 124
Savić M. 209
Savić Z. 338
Senčar J. 64, 80, 390
Silić N. 217
Simonović J. 342
Sirbubalo M. 346
Slijepčević P. 424
Slivka J. 276
Sofradžija A. 387
Stanković A. 119
Stanković J. 213
Stanković S. 119, 150
Stegnar P. 31, 107, 111
Stojanović D. 188, 239
Subotić B. 433, 474
Szabo P. 373

Šarić A. 441, 445
Šentija K. 427
Šimpraga M. 162, 192
Škofljanec M. 111
Šmelcerović M. 294
Šokčić-Kostić M. 351
Šutej T. 107, 355
Šuvakov D. 84

Taseski Z. 258
Telenta B. 7
Tomašević M. 236, 262
Tomljenović 359
Tonković M. 390
Trikić S. 441, 445

Valenčič A. 355
Vaupotič J. 31, 107, 111
Vejnović D. 272
Vejnović Z. 365
Vekić B. 192, 282, 310, 369, 373
Veličković D. 306, 330, 334
Veličković Z. 272
Vertačnik A. 15
Vesković M. 276
Videkanić S. 359

Vitorović G. 213
Vlatković M. 402
Vujasinović D. 318, 377
Vsileska V. 258