

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

**PROBLEMI OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA SFRJ OD SPOLJAŠNJIH
(NEMEDICINSKIH) IZVORA ZRAČENJA U MASOVNDJ UPOTREBI**

ZBORNİK RADOVA

sa savetovanja o ozračivanju stanovništva SFRJ

ARANDJELOVAC

20—21. MAJ 1976

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

**PROBLEMI OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA SFRJ OD SPOLJAŠNJIH
(NEMEDICINSKIH) IZVORA ZRAČENJA U MASOVNOJ UPOTREBI**

ZBORNİK RADOVA
sa savetovanja o ozračivanju stanovništva SFRJ

Redaktor
Petar D. Marković

ARANDJELOVAC
20—21. MAJ 1976

ORGANIZACIJA:

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA

Organizacioni odbor:

Dr Petar Marković, dipl.fiz., predsednik

Mr. Djordje Ristić, dipl.fiz.

Slobodan Ignjatović, dipl.fiz.

Borivoje Simić, dipl.fiz.

Slobodan Gnjatović, ing.sig., sekretar

Štampano u Institutu za nuklearne nauke
"BORIS KIDRIČ"-vinča

Tiraž 300

Ovaj zbornik radova prezentiranih na savetovanju o problemima ozračivanja stanovništva SFRJ od spoljašnjih (nemedicinskih) izvora zračenja u masovnoj upotrebi, štampan je sa nadom da će moći da bude od koristi kako onima koji rade sa tim izvorima, tako i onima koji učestvuju u odlučivanju po pojedinim pitanjima povezanim sa njihovim korišćenjem.

Radovi su štampani u originalu, onako kako su ih autori podneli i, dakle, forma, sadržaj i tehnika obrade radova je do samih autora.

Mišljenja, pogledi i stavovi izneseni u radovima su samih autora i nije obavezno da su istovetni sa mišljenjem, pogledima i stavovima Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja.

Redaktor

S A D R Ž A J

strana

1. Mr.Djordje Ristić,dipl.fiz., PROBLEMI KORIŠĆENJA
IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U MASOVNOJ UPOTREBI-
RADIOAKTIVNI GROMOBRANI 1
2. Mr.Hrvoje Cerovac,dipl.ing., JONIZACIONI JAVLJAČI
POŽARA 14
3. Prof.Dr Marjan Sterle, OZRAČIVANJE STANOVNIŠTVA
NEMEDICINSKIM IZVORIMA ZRAČENJA 25
4. Doc. Dr Petar Marković,dipl.fiz., DOPRINOS RAZMAT-
RANJU PROBLEMA OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA OD NEKIH
IZVORA ZRAČENJA KORIŠĆENIH U MASOVNOJ UPOTREBI 30
5. Mr.Djordje Ristić,dipl.fiz., MOGUĆNOSTI AKCIDENATA
SA POJEDINIM IZVORIMA ZRAČENJA U MASOVNOJ UPOTREBI-
RADIOAKTIVNI GROMOBRANI I PREVENTIVNE MERE ZAŠTITE 40
6. Doc.Predrag Bojović,dipl.ing., Srdjan Mitrović,dipl.
ing., Doc.Dr Marko Ninković,dipl.fiz., RAZMATRANJE
NEKIH MERA SIGURNOSTI I ZAŠTITE KOD ŠIRE UPOTREBE
IZVORA ZRAČENJA 48
7. Doc.Dr Petar Marković,dipl.fiz., Mr.Djordje Ristić,
dipl.fiz., Mr.Ljiljana Vasiljević,dipl.fiz.,
Doc.Dr Marko Ninković,dipl.fiz., RADIOAKTIVNI GRO-
MOBRANI U NASELJENIM I NENASELJENIM MESTIMA KAO
IZVORI SPOLJAŠNJEG OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA 60
8. Dr Zoran Djukić, NEKI MEDICINSKI ASPEKTI JAVNE
UPOTREBE IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA 70

PROBLEMI KORIŠĆENJA IZVORA JONIZUJUĆIH
ZRAČENJA U MASOVNOJ UPOTREBI - RADIOAKTIVNI GROMOBRANI

Dj. Ristic
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

1. Uvod

Radioaktivni gromobrani sa ugrađenim radioaktivnim izotopom, kao izvorom zračenja, služe za zaštitu od atmosferskog pražnjenja. Danas se u Jugoslaviji koriste radioaktivni izotopi Co-60 i Eu-152, 154, koji se ugrađuju u gromobrane. Sa praktične strane gledišta, kada se posmatraju problemi zaštite i stepen opasnosti, Co-60 i Eu-152 i 154, ugrađeni u radioaktivne gromobrane, mogu da se posmatraju kao čisti gama emiteri.

Dosadašnja iskustva, kao i ranije pretpostavke, o radijacionoj opasnosti koja nastaje pri korišćenju radioaktivnih gromobrana, pokazuju da se ona svodi samo na rizik spoljašnjeg ozračivanja gama zračenjem. I ako su jačine ekspozicionih doza zračenja niske u prostoru ispod gromobrana savremeni podaci govore o tome da, izgleda, za ogromnu većinu kako somatskih tako i genetskih povreda ne postoje minimalne doze zračivanja ispod kojih bi verovatnoća povrede bila jednaka nuli. Dakle, bez obzira na veličinu primljenih doza od jonizujućih zračenja postoji izvestan konačan rizik.

Cilj zaštite od jonizujućih zračenja je da se spreče radijacione povrede i smanji rizik posledica pri ozračivanju pojedinih lica, kao i svodjenje na minimum neželjenih genetskih posledica za pojedince iz stanovništva i stanovništvo kao celinu.

2. Radioaktivni izvor kao sastavni deo gromobrana

Ideja za korišćenje radioaktivnih izvora zračenja kao elementa u gromobranima potiče od mađarskog naučnika Seillard-a⁽¹⁾. Sama ideja je zasnovana na činjenici da zračenja (alfa, beta i gama) emitovana od strane radioaktivnih jezgra, imaju tu osobinu da jonizuju

vazduh kroz koji prolaze. Seilard je laboratorijskim eksperimentom, stavljajući šiljak premazan radioaktivnim preparatom u električno polje i mereći porast struje sa porastom napona na elektrodama, pokazao da, pored ostalog, jačina struje zavisi od aktivnosti radioaktivnog premaza.

Do praktične primene rezultata ovog eksperimenta došlo je tek početkom tridesetih godina ovog stoleća. Tako je francuska firma "HECITA" 1932 godine počela sa industrijskom proizvodnjom takozvanih radioaktivnih gromobrana, koristeći pri tome radijum kao izvor zračenja (2).

Fizičko objašnjenje svrsishodnosti primene radioaktivnih izvora zračenja je u tome što, klasičan, FRANKLIN-ov štap dejstvom šiljka u električnom polju vrši slabu jonizaciju, a premazivanjem šiljka radioaktivnim izotopom dobijamo snažan izvor jonizacije vazduha u prostoru oko šiljka, što predpostavlja stvaranje dobre provodne sredine preko koje je moguće kanalisanje atmosferskog pražnjenja i njegovo odvodjenje u zemlju isključivo preko gromobranske hvataljke (2).

3. Korišćenje radioaktivnih gromobrana u svetu i kod nas

U svetu su se do pre desetak godina kao izvori zračenja za radioaktivne gromobrane koristili radioaktivni izotopi Ra-226 i Am-241, praktično, alfa emitere, aktivnosti do 5 mCi. Zbog nedostataka, koji im se pripisuju, kao što su: mali domet alfa čestica u vazduhu, gubitak jona usled velike rekobinacije i mogućnost potpune ekranizacije česticama atmosferskih i drugih taloga, predložena je upotreba za ove svrhe gama emitera. Ovakav predlog je potekao od saradnika Instituta za nuklearne nauke "BORIS KIDRIČ" iz Vinče (2).

Danas se u svetu koriste više vrsta gromobrana. Neke od njih, korišćene u Evropi, navodimo ovde, zajedno sa izvesnim podacima koji mogu da budu od koristi:

1. Tip "SAREF" - Protection électrique, G.Messien;
103, Bd. Molesherbes-Paris - 8 - tel. lab. 30-12
2. Tip "EF" - Société Française de L'énergie froide
14, Rue des Reculettes, Paris - 13^e, 587-20.98-20
99.

3. Tip "HELITA" - Soci t  Francaise H lita applications industrielles du radium, 11 bis et 15 Rue la Planshe - Paris VII^e, 5047 - 9529.
4. Tip "PROTECTOR" Fallrica Italiana prodotti sinterizzati, Torino Via F. de Sanctis 27 - Tes 793.431 - 793767.

Gore navedeni gromobrani koriste se za sada, u Belgiji, Francuskoj, Italiji, Švajcarskoj, Španiji, Grčkoj, Turskoj itd.

Objekti na kojima su postavljeni i na kojima se koriste su uglavnom sledeći: Univerzitetske zgrade, škole, termoelektrane, zgrade telefona, telegrafa, zgrade sudova, bolnice, klinike, instituti, zgrade policije, zgrade, opština, fabrike i laboratorije, uprave rudnika, vojne fabrike, vodotornjevi, železničke stanice, silosi, robne kuće, katedrale, crkve, ambasade itd.

Ukupan broj postavljenih gromobrana u gore spomenutim zemljama je nekoliko desetina hiljada komada ⁽²⁾.

Sadašnje stanje razvoja i korišćenje radioaktivnih gromobrana u ostalim zemljama u Evropi dosta se razlikuje. U mediteranskim zemljama, gde su udari gromova češći, radioaktivni gromobrani dosta su rasprostranjeni. U nekim drugim zemljama zakonom nisu predviđeni radioaktivni gromobrani.

Elektroindustrijske preduzeće "ELIND" iz Valjeva je 1966.god. počeo sa industrijskom proizvodnjom i postavljanjem radioaktivnih gromobrana sa gama emiterom. (sl.l.) Za ove radioaktivne gromobrane kao izvor jonizujućih zraćenja korišćen je radioaktivni izotop Co-60 aktivnosti najpre 100 mCi, a kasnije 200 mCi. Od 1972.godine Elektrotehni ko preduzeće "SLAVIJAELEKTRO" iz Beograda, počinje da proizvodi i postavlja radioaktivne gromobrane sa izvorom zraćenja Eu-152,154 aktivnosti 400 mCi. Do sada je postavljeno i koristi se u našoj zemlji oko 3000 komada.

4. Radioaktivni gromobrani jugoslovenske proizvodnje i neki specijalni problemi u vezi sa njihovim korišćenjem

Radioaktivni gromobrani jugoslovenske proizvodnje su karakteristični po tome što kao izvor zraćenja koriste radioaktivne izotope Co-60 i Eu-152,154, praktično gama emitere, aktivnosti 200 odnos-

no 400 mCi.

Izvori gama zračenja su znatno pogodniji za primenu kod radioaktivnih gromobrana u odnosu na radioaktivne izotope alfa i beta emitere. Domet gama zračenja u vazduhu je reda stotine metara. Kiša i vetar ne utiču tako izrazito na distribuciju jona u zaštitnoj zoni. Jednostavniji su za ugradnju. Kontaminacija okoline je praktično isključena. Proizvodnja im je daleko jednostavnija itd.

Ipak radioaktivni gromobrani sa izvorima gama zračenja imaju i svoje nedostatke. Zahtevaju upotrebu izvora zračenja znatnijeg intenziteta, i do nekoliko stotina puta veće aktivnosti, pa je zbog ovoga i velikog dometa gama zračenja problem zaštite od spoljnog ozračivanja okoline dosta složen. ⁽²⁾

Problem zaštite od spoljašnjeg ozračivanja okoline je veoma složen kada se radioaktivni gromobrani postavljaju i koriste, za zaštitu od atmosferskog pražnjenja, na objektima kao što su dečija obdaništa, škole, internati i stambeni objekti.

U našoj zemlji je dosta postavljeno i koristi se oko 3000 radioaktivnih gromobrana. Oko jedna trećina od ovoga broja su gromobrani postavljeni na stambenim objektima, školama i drugim sličnim objektima.

S obzirom da u našem zakonodavstvu ne postoje norme koje se odnose na granice doza za pojedince iz stanovništva i stanovništvo uopšte problem je još složeniji pri nastojanju da se precizira pod kakvim uslovima, sa aspekta zaštite od zračenja, se smeju koristiti radioaktivni gromobrani.

Radioaktivni gromobrani su ispočetka izradjivani, postavljeni i korišćeni pod uslovima definisanim odredbama Pravilnika o tehničkim propisima o gromobranima. Odredbe koje su se odnosile na zaštitu okoline od zračenja su tako tumačene da su konstrukcija hvataljke radioaktivnih gromobrana i njihova lokacija obezbeđivali da jačina ekspanzionih doza u prostoru oko radioaktivnog gromobrana, pristupačnom ljudima, nigde ne prelazi 2,5 mR/h.

Kasnije, krajem 1973.godine, je u Valjevu održano savetovanje o problemima u vezi sa projektovanjem, postavljanjem i korišćenjem radioaktivnih gromobrana. Članovi 6 i 7 tih zaključaka uspostavlja ju veličine jačina ekspanzionih doza zračenja koje se mogu, privremeno tolerisati u okolini radioaktivnih gromobrana, koji će se koristiti na stambenim i industrijskim i sličnim objektima. Delovi

teksta ovih članova glase: Konstrukcija radioaktivnog gromobrana mora da pruži maksimalnu zaštitu od zračenja. Jačine ekspozicione doze zračenja nesmeju da prekorače sledeće vrednosti:

a) 25 $\mu\text{R/h}$, uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od radioaktivnog izvora zračenja, gde može dospeti ili boraviti okolno stanovništvo.

b) 50 $\mu\text{R/h}$, uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od izvora zračenja, gde se kreće ili boravi zaposleno osoblje sa punim radnim vremenom.

Tako su od 1974. godine izdavana pozitivna Mišljenja o postojanju potrebnih uslova za nabavku i korišćenje radioaktivnih gromobrana samo u slučajevima kada su ispunjeni ovi uslovi u pogledu jačine ekspozicionih doza zračenja, na osnovu kojih su nadležni sanitarni inspektorati Republičkih sekretarijata za zdravstvo i socijalnu politiku, izdavali Rešenje o nabavci i korišćenju radioaktivnih gromobrana.

Ali, moramo da napomenemo da su sarađnici Laboratorije za zaštitu od zračenja Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči još od druge polovine 1966. godine, nastojali, ne obazirući se što su naši propisi bili nepotpuni, da se gromobrani koriste saglasno Preporukama MKRZ, koje se odnose na granice doza za pojedince iz stanovništva i stanovništvo. ⁽³⁾ ⁽⁴⁾

Rezultati merenja, sl.2. pokazuju da jačine ekspozicionih doza zračenja, merene na visini od 1,8 m. iznad ravni podnožja hvataljke gromobrana, ne prelaze vrednosti 1,1 mR/h, i to uz samu hvataljku. U ostalom delu prostora ispod hvataljke jačine ekspozicionih doza su znatno manje, tako na primer na 5m od hvataljke iznosi 250 $\mu\text{R/h}$. ⁽¹¹⁾ Za istu konstrukciju su na sl.3. takodje, date jačine ekspozicionih doza zračenja oko gromobrana ali merene i prikazane na drugi način. ⁽⁶⁾ Približno polovina od ukupnog broja radioaktivnih gromobrana koji se koriste u našoj zemlji imaju konstrukciju prikazanu na sl.1. Potrebno je da se naglasi da su hvataljke ovih gromobrana, uglavnom, postavljene na krovovima zgrada, gde je boravak ljudi veoma ograničen.

Stalna nastojanja da se uslovi korišćenja radioaktivnih gromobrana poboljšaju imala su pozitivne rezultate.

Pored ostalog, merenjem i analizom smo došli do zaključka:

1. Da na veličinu jačine ekspozicionih doza u prostoru oko gromobrana utiču sledeći činioci:
 - a) Oblik izvora zračenja koji se ugradjuje u radni kontejner radioaktivnog gromobrana;
 - b) Konstrukcija radnog kontejnera u koji se ugradjuje izvor zračenja;
 - c) Visina stuba i
 - d) od doprinosa rasejanog zračenja od vazduha i šiljka gromobranske hvataljke.

2. Da u cilju poboljšanja uslova korišćenja, odnosno postizanja maksimalne zaštite okoline gromobrana:
 - a) Buduća konstrukcija izvora zračenja treba da teži ka "tačkastom" izvoru, i to ne samo zbog efikasnije zaštite od primarnog zračenja, već i zbog smanjenja doprinosa od rasejanog zračenja;
 - b) konstrukcija radnog kontejnera bude prilagodjena izvoru zračenja i u smislu postizanja neophodne zaštitne moći kao i da kolimiše snop zračenja;
 - c) visina hvataljke ili stuba bude što veća, naravno, u granicama ekonomičnosti upotrebe datog radioaktivnog gromobrana.

Iz ovih zaključaka su proizstekle nove konstrukcije hvataljke radioaktivnog gromobrana, koje omogućuju bolje uslove korišćenja, sa gledišta zaštite okoline od zračenja. Na slici 4. data je konstrukcija najnovijeg radnog kontejnera, a na slici 5. izmerene jačine ekspozicionih doza oko hvataljke radioaktivnog gromobrana sa ovakvim radnim kontejnerom. (7)

Konstrukcija radnog kontejnera na sl.4. korišćena na hvataljci visine 6 m za sada daje najbolje rešenje u pogledu zaštite okoline. I verovatno da dalje povećanje zaštitne moći radnog kontejnera i visine stuba se ne bi moglo lako da uklopi u ekonomičnost korišćenja ovakvog gromobrana.

Osim ovoga, zaštita okoline se može poboljšati još i potpunim korišćenjem Eu-152,154 kao izvora zračenja, smanjenjem aktivnosti

radioaktivnog izotopa, pooštavanjem kriterijuma za ocenu projekta gromobrana, prilikom izdavanja Mišljenja o postojanju potrebnih uslova za nabavku i korišćenje gromobrana, kada se radi o postavljanju na objektima namenjenih deci i omladini pa i objektima za stanovanje. Najefikasniji način primene ovih mogućnosti za poboljšanje uslova korišćenja gromobrana je ocena Projekta gromobranske zaštite u fazi izrade glavnog projekta, a ne neposredno pred tehnički prijem objekta, kako se to danas čini.

Zaključak

U ovom radu su izneti izvesni podaci o gromobranima uopšte, njihovoj primeni, problemima u vezi sa primenom i nastojanja da se poboljšaju uslovi korišćenja radioaktivnih gromobrana kod nas.

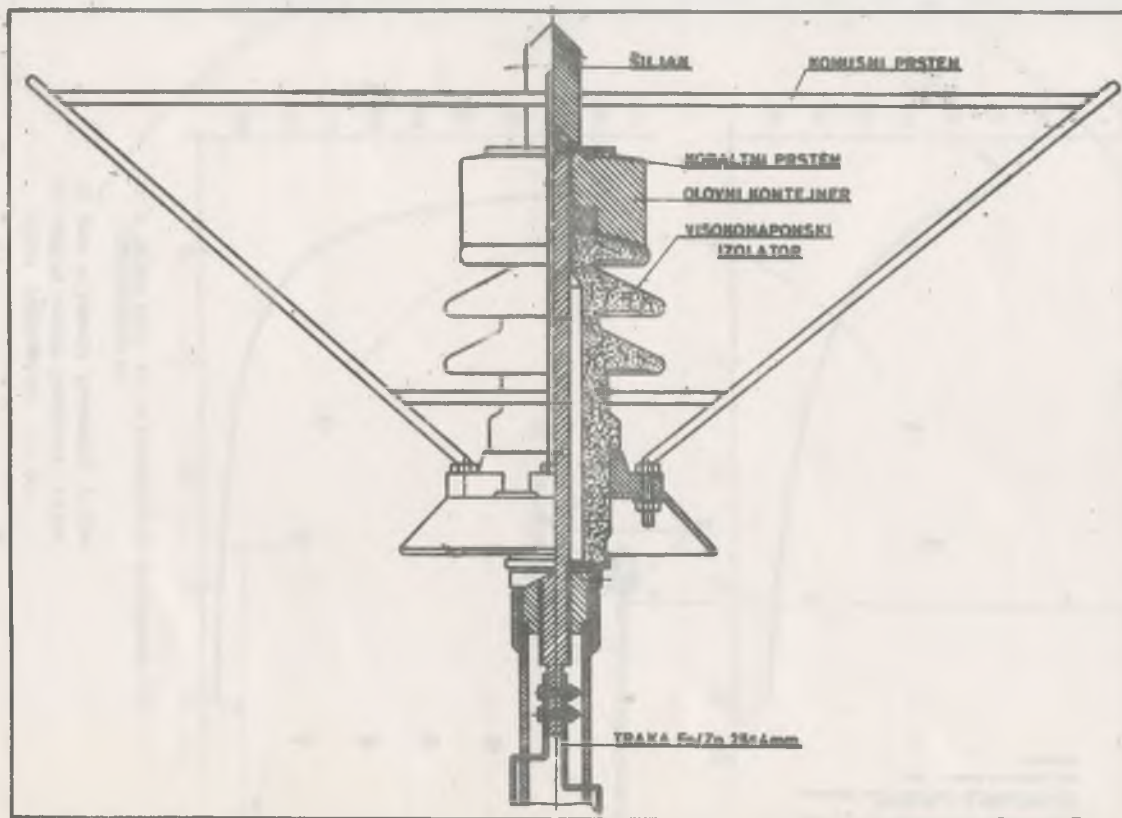
Ozračivanje od radioaktivnih gromobrana kakvi se u našoj zemlji koriste, bez obzira na veličinu doze koju stanovništvo kao celina prima zbog njihovog korišćenja ima za posledicu izvestan rizik. S druge strane postoji realan interes za korišćenje ovakvog tipa gromobrana, a to znači, s obzirom na prirodu zračenja tih gromobrana da se ne može potpuno izbeći ozračivanje ljudi, kao ni rizik povezan s tim. Zbog toga, kada se razmatra ovaj problem, mora da se nadje izvestan razuman kompromis, ceneći korist koja se dobija od upotrebe ovakvih gromobrana, ali isto tako i rizik i štetu koji se pri tome javljaju.

Rešenje ovog problema zahteva, najpre, uspostavljanje nivoa ozračivanja jonizujućim zračenjima za pojedince iz stanovništva i stanovništvo kao celinu, i utvrđivanje doprinosa ukupnom ozračivanju stanovništva od različitih izvora zračenja koji se u našoj zemlji masovno koriste ili će se u budućnosti koristiti.

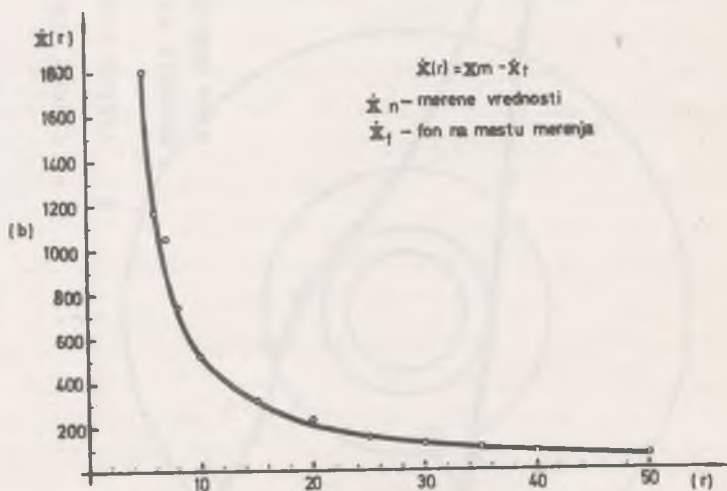
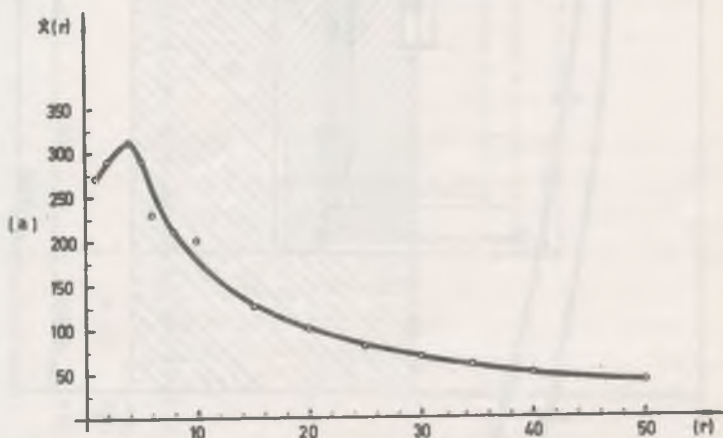
Sledeći korak u rešavanju ovog problema bio bi korišćenje još neiskorišćenih mogućnosti za smanjenje izlaganja stanovništva zračenju i stalna kontrola doprinosa ozračivanju stanovništva od izvora zračenja u gromobranima, sa ciljem da se ne prekorači utvrđeni nivo zračenja na pojedinim mestima ili u pojedinim zonama.

LITERATURA

1. L.Schillard, Paratonners radioactifs. Communication a l'Academie des Sciences de Paris, du 19.3.1914.
2. B.Maršićanin, Ž.Radosavljević, A.New Radioactive Lightning Protection, "Isotopenpraxis" 5 Jahrgang.Heft 11/69.
3. ICRP, Publication 9, Pergamon Press, London 1966.
4. P.Marković, Radijacione norme, IBK-1117, juli 1972.
5. The Evaluation of Risks from Radiation, Health Physics, 12, 239, (1966).
6. P.Marković, Dj.Ristić, M.Ninković, S.Vuković: Dozimetrija zračenja oko RAG-a, sa Co-60 kao radioaktivnim izvorom, IBK-1141
7. B.Radosavljević, Dj.Ristić: Ispitivanje parametara koji utiču na jačinu ekspozicionih doza ispod radioaktivnog gromobrana, IBK-1348, 1975.
8. Dj.Ristić, Preventivne mere i postupak u slučaju akcidenta sa radioaktivnim gromobranom, zbornik radova sa IV jugoslovenskog simpozijuma o radiološkoj zaštiti, Baško Polje, 1969.
9. P.Marković, Lj.Vasiljević, Dj.Ristić, M.Ninković: Radioactive lightning rods in nonresidential areas as sources of the population external irradiation, First asian regional Congress on radiation protection, Bombay, India, 1974.
10. P.Marković, Dj.Ristić, M.Ninković, S.Vuković: Dosimetrie des radiations au voisinage d'un paratonnerce avec la source radioactive emettant les rayons gamma, 12 conference internationale pour la protection contre la foudre, Portorož, octobre 1973.
11. Dj.Ristić: Preventivne mere i postupak u slučaju akcidenta sa radioaktivnim gromobranom, IV jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, Baško Polje, 1969.



SL. 1 IZGLED GLAVE (HVATALJKE) GROMOBRAHA SA JONIZUJUCIM IZVOROM ZRACENJA

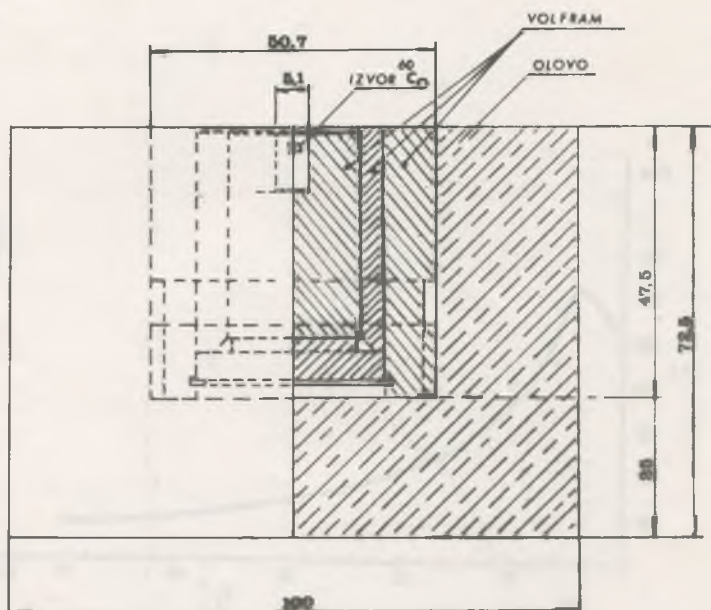


SI 3 JACINA DOZE $X(r)$ U ZAVISNOSTI OD RASTOJANJA OD GROMBRANA (r).

(a) Visina od podnozja grombrana $h = 12$ m.

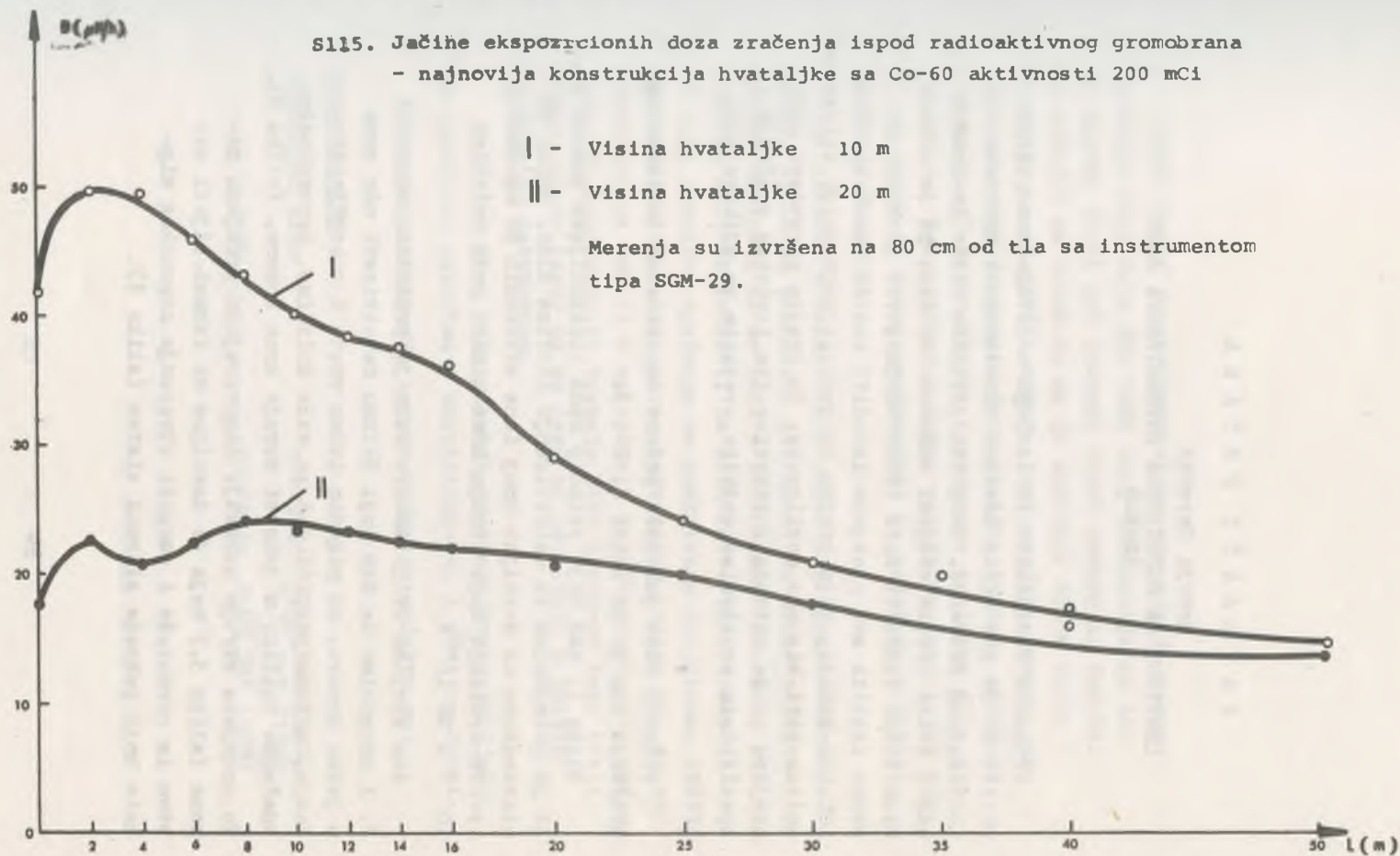
(b) Visina od podnozja grombrana $h = 6$ m.

VISINA GROMBRANA $H = 6$ m.



Sl.4. Radna glava sa kombinovanom zaštitom sa izvor
200 mCi Co-60.

S115. Jačine ekspozicionih doza zračenja ispod radioaktivnog gromobrana
- najnovija konstrukcija hvataljke sa Co-60 aktivnosti 200 mCi



JAVLJAČI POŽARA

Hrvoje Cerovac

INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA JAZU
ZAGREB

Primjena radioaktivnih izotopa u javljačima požara relativno je nov način korisne nemedicinske upotrebe ionizantnog zračenja. Broj tih javljača raste iz dana u dan i svaka brojka vrijedi samo za taj dan, pa je gotovo besmisleno iznositi neke točne brojke, već je bolje za svrhe zaštite sve procjene izvoditi kao da ima u upotrebi 100.000 komada, koja brojka će ove ili najkasnije slijedeće godine biti sigurno dostignuta. Ta brojka opravdava našu namjeru da se posebno pozabavimo tim izvorima zračenja i specifičnim problemima zaštite, vezanim za njihovu upotrebu.

Princip rada javljača požara sa izvorima ionizantnog zračenja dan je na slici 1, 2 i 3.

Slika 1. nam daje princip rada ionizacijske komore koji je primjenjen za detektiranje čestica dima. Napon na elektrodama uz dovoljan broj iona stvorenih od ugrađenog izvora zračenja daje struju kroz komoru reda veličina 10^{-10} A do 10^{-9} A.

Ako spojimo dvije komore kako je prikazano na slici 2. i omogućimo da dim koji želimo detektirati uđe samo u jednu komoru, uz pogodan izbor vrste i energije zračenja, možemo postići već za male količine, procentualno značajne razlike u jakosti struje kroz komore. (slika 2). Ta promjena struje uzrokuje odgovarajuću promjenu napona (slika 3.) koja je dovoljna da izbacij cijeli sistem iz ravnoteže i omogući stvaranje naponskog signala koji pokreće alarmni sistem (slika 3).

Očito je da je za upotrebu to povoljniji izvor zračenja koji daje što veći broj ionizacija na što je moguće kraći put (domet) kvant zračenja. Dodatni je zahtjev na izvor da mu je zračenje takve vrste i energije da na jačinu struje kroz vanjsku komoru, uz ostale nepromijenjene uvjete (jačina izvora, napon na elektrodama) bitno utječe i najmanja količina dima ako uđe u nju. Vjerojatno uz nešto različita tehnološka rješenja, izgleda da su proizvođači to najlakše riješili pomoću alfa emitera.

Ne ulazeći u razmatranje pojedinih tehnoloških rješenja, njihovih prednosti ili mana, za svrhe zaštite možemo smatrati da se radi o zatvorenim izvorima, relativno male aktivnosti. Sa alfa emiterima, teško da bi bilo izvedivo rješenje sa neaktivnom ovojnicom, što zajtjjeva definicija pravog zatvorenog izvora već će se vjerojatnije raditi o materijalu nanošenom na neku podlogu. To nanošenje bi trebalo biti izvedeno tako kvalitetno, da se izvor ni po čemu ne razlikuje u smislu zaštite od zatvorenog.

Do danas su u našoj zemlji upotrebljavani javljači sa ugrađenim izvorima s americijem-241 i radijem-226.

Karakteristike tih izvora važne za zaštitu su:

Americij-241

Zračenje: alfa

energije 5.43 MeV (85%)
5.37 MeV (15%)

gama

energije 0.06 MeV (40%)

Grupa toksičnosti: I. (vrlo visoke radiotoksičnosti)

Najveća dopuštena aktivnost
za nošenje u tijelu: 0.0009 uCi

Radij-226

Zračenje: alfa	energije	4.58 MeV (5.7%)
		4.77 MeV (94.3%)
gama	energije	0.188 MeV (4%)

Grupa toksičnosti: I. (vrlo visoke radiotoksičnosti)

Najveća dopuštena aktivnost
za nošenje u tijelu: 0.05 uCi

Nakon što smo se upoznali sa izvorima i njihovom funkcijom, razmotrimo probleme koje izaziva njihova primjena.

Teoretski od ovih, kao i od bilo kojih drugih izvora, ugroženi mogu biti ili radnici koji obavljaju neki rad s zračenjem ili šira okolina.

Radnici izloženi zračenju u ovom slučaju su radnici koji te izvore skledište, pripremaju za transport, transportiraju, ugrađuju na mjestu primjene, održavaju za vrijeme korisne upotrebe odnosno sudjeluju u odgovarajućim dijelovima obrnutog procesa tj. demontaži i stavljanju izvan upotrebe.

Za te radnike, kao uostalom i za sve koji rade sa radioaktivnim izotopima, dva su moguća načina ozračivanja:

- a/ vanjsko ozračivanje cijelog tijela
- b/ interna kontaminacija.

Do vanjskog ozračivanja može doći od alfa zračenja ako prilikom rukovanja sa izvorima koža na prstima dođe u direktan kontakt sa izvorom ili od gama zračenja prilikom rada u okolici javljača požara.

Do izravnog dodira kože sa izvorom, može doći samo iznimno, pa neće biti težak posao onoga koji će određivati pravila rada kod pojedinih poslova s javljačima koji će taj način ozračivanja gotovo posve eliminirati, a svakako ispod granice na kojoj bi to ozračivanje moglo postati iole ozbiljnije.

Ozračivanje od gama zračenja s obzirom na aktivnost koja je ugrađena u pojedini javljač i energije gama kvantata radija-226 i americija-241, moglo bi predstavljati problem samo onda, kada bi ih se na relativno malom volumenu našao veliki broj. To je teoretski moguće za skladištenja i transporta. No svaka služba zaštite moći će to riješiti tako da radnika za vrijeme transporta, kada jedino dolaze veće doze u obzir kroz duže vrijeme, udalji na sigurnu udaljenost koja će rijetko kada trebati biti veća od 1 m.

Možemo smatrati da kod rada s javljačima požara zaštita od radnika profesionalno izloženih zračenju od vanjskog ozračivanja ne pretpostavlja problem.

Druga je mogućnost da se radnik ozrači putem interne kontaminacije. Do kontaminacije pribora za rad, ruku i odjeće radnika moglo bi doći prilikom čišćenja javljača požara. Zbog prirode izvora (alfa emiter) jasno je da će površinu tih izvora trebati povremeno čistiti od nataložene prašine, ako želimo da nam sistem javljača požara sigurno radi. Rokove, kako često se to izvodi, propisuje

proizvođač, ovisno o izvoru zračenja i atmosferi prostori-
je. Jednako propisuje i tehniku čišćenja. No bez
obzira na propisanu tehniku, i pridržavanja toga od onih
koji čišćenje izvode, sigurno je da je ovdje najvažnije
kako je izvedeno nanošenje radioaktivnog materijala na
nosač.

Takav nanos mora ispunjavati uvjet da se kod mehani-
čkog čišćenja uobičajenim sredstvima (vata, staničevina
i sl.), te uz upotrebu uobičajenih tekućih sredstava
čišćenja i otapala, pa makar oni bili blaže otopine ki-
selina ili lužina, ne odvađa od nosača niti nakon vrlo
dugog perioda čišćenja.

U pravilu takvo čišćenje mogu provoditi samo oni
radnici koji su izobraženi za taj posao, kojima je po-
znato s čime rade i sa eventualnim posljedicama od kon-
taminacije alfa emiterima.

Dužnost je svih onih koji organiziraju zaštitu, pro-
vode upravne, nadzorne ili tehničke mjere zaštite, da
onemoguće takve radove na način koji nije propisan od
proizvođača. Uz najkvalitetniju tehniku nanošenja, vje-
rojatno nitko ne može dati garanciju za sigurno odvijanje
tog posla, ako bi neko iz bilo kojeg razloga pokušao či-
stiti izvore brusnim papirom.

Zaštitnim mjerama moramo postići da do kontaminacije
tim putem ne dođe, jer je to zapravo jedini način da upo-
treba javljača postane opasnost.

Moramo naglasiti da prema dosadašnjim iskustvima
nemamo razloga ne vjerovati da je od strane proizvođača
tom problemu posvećena izuzetna pažnja.

Ipak, jer raspolažemo sa prilično kratkotrajnim iskustvima o tome, moramo voditi brigu, a osobito prilikom prve upotrebe novog tipa javljača, novog proizvođača.

Drugi i veći dio problema zaštite od izvora zračenja ugrađenih u javljače požara su eventualne posljedice za širu okolinu.

U 100.000 javljača ugrađena je sigurno dovoljna količina alfa emitera o kojoj treba provesti određenu brigu.

U općem slučaju javljači požara mogli bi biti opasni za:

- a/ radnike koji normalno rade u prostorijama gdje su ugrađeni, kao vanjski izvor ozračivanja,
- b/ za cijelo stanovništvo, kao potencijalni izvor alfa kontaminacije.

U prvom slučaju u obzir dolazi gama zračenje izvora. S obzirom da su radnici koji rade u prostorijama gdje su ugrađeni javljači požara u pravilu radnici koji se bave svim drugim a nikako ne radom sa zračenjem za njih što se tiče doza kojima mogu biti izloženi moraju vrijediti doze kojima može biti izloženo cijelo stanovništvo. To tek vrijedi za slučajne posjetioce tih radnika bez obzira na razlog zbog kojeg zalaze u te prostorije.

Zbog uobičajenog načina razmještaja javljača u prostoriji i doze brzina (na pr. na plohi 1 m od poda) biti će prilično ravnomjerna. To bi potkrijepilo zahtjev da ta brzina doze zapravo mora biti praktično zanemariva.

U praksi to je kod do sada ugrađenih izvora zračenja u javljače i vrlo lako postizivo. Ako postavimo zahtjev, (koji uostalom sami sebi postavljaju i proizvođači javljača) da brzina doze na 10 cm od javljača ne bude veća od 100 uR/sat onda uz uobičajenu visinu radnih prostorija doista nema opasnosti od vanjskog ozračivanja.

Osim u posebno opravdanim slučajevima u prostorijama gdje se trajno zadržavaju radnici ili posjetioci, ne bi se smjela dopustiti ugradnja javljača na visinama manjim od 2.8 m, već i zbog mogućnosti krađe.

Uz malo opreza pri postavljanju, smatram da možemo izbjeći sve probleme vezane na vanjsko ozračivanje.

Do kontaminacije okoline alfa emiterima moglo bi doći nakon krađe jednog ili više javljača, požara ili koje druge katastrofe, te neodgovarajućom pohranom radioaktivnog materijala nakon stavljanja grupa javljača izvan upotrebe (nakon rashodovanja).

Neovlašteno prisvajanje (krađa) jednog ili više javljača iz najrazličitijih pobuda sigurno je moguće, makar sam javljač požara, iako mu cijena nije zanemariva sigurno ne predstavlja neku značajniju novčanu ili upotrebnu vrijednost za prisvajajuća. No baš krađa iz znatnije ili objestije povećava šansu da će doći do zahvata u javljaču, oštećenja pojedinih dijelova i blago rečeno neodgovarajućeg postupka sa izvorom. Jedina je zaštita za onoga koji razara izvor činjenica da je dosta teško pronaći način da aktivnost izvora unese u sebe. No uz malo mašte to nije i nemoguće. Oni koji se brinu o zaštiti moraju naći način kako bi krađe sveli na što je moguće manju mjeru.

Na temelju dosta slobode vlastite procjene smatram da je na 100.000 javljača ukradeno oko 100. O eventualnim štetnim posljedicama toga za sada je teško stvoriti neku procjenu.

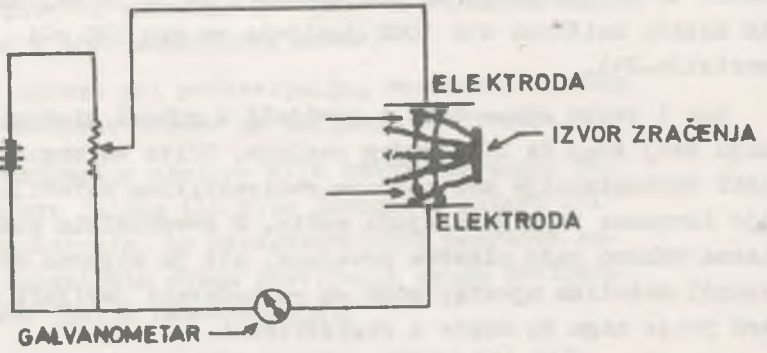
Dio javljača može biti uništen u požaru. (čega je do sada bilo na nekoliko mjesta) nekim drugim elementarnim ili drugim katastrofama. Dosadašnja iskustva o mogućnostima kontaminacije okoline na taj način iako postoje nisu proučena pa je i tu teško procijeniti opasnost. Za orijentaciju možemo smatrati da je na taj način dosada uništeno oko 1000 javljača sa oko 100 mCi američija-241.

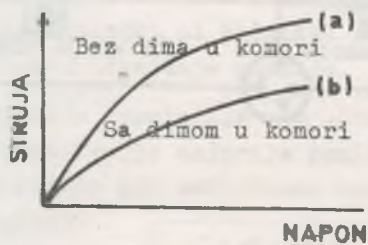
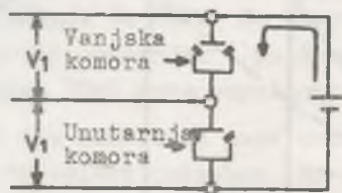
Kao i svaka stvar tako i javljači i njihovi sistemi imaju svoj kraj iz bilo kojeg razloga. Očite su mogućnosti kontaminacije ako pohrana radioaktivnog materijala nije izvršena na odgovarajući način. O eventualnim posljedicama nemamo sada nikakve procjene, ali je sigurno da postoji nekoliko mjesta, gdje su rashodovani javljači požara prije nego su uopće i registrirani.

Zaključio bih da je zadatak svih nas, koji se na bilo koji način profesionalno bavimo zaštitom osigurati da primjena javljača požara sa radioaktivnim izotopima ne bude nikakav izvor opasnosti od zračenja.

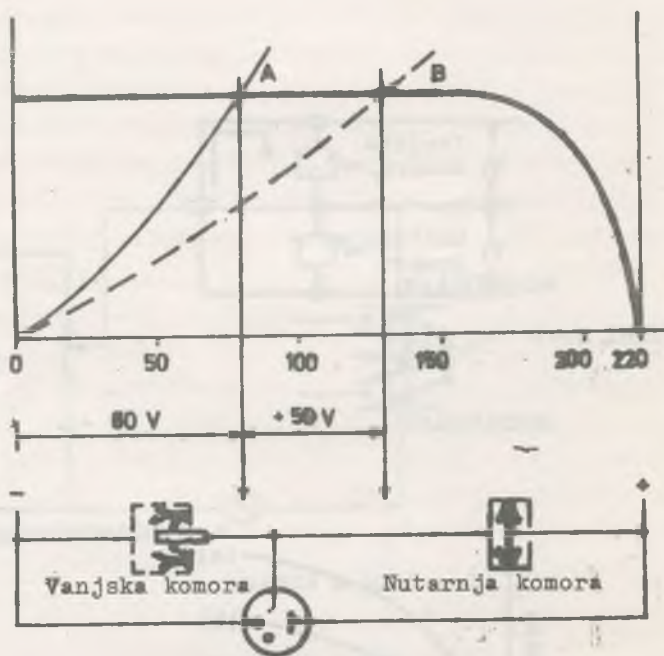
Mjerama nadzora, i primjenom sadašnjih zakonskih propisa, možemo osigurati sve što je za zaštitu potrebno.

Stručnim i istraživačkim radom moramo doznati više o mogućnostima kontaminacije i putevima do ljudskog organizma ili interesantnih dijelova okoline.





Slika 2.



Slika 3.

OZRAČIVANJE STANOVNIŠTVA NEMEDICINSKIM IZVORIMA ZRAČENJA

Uvod

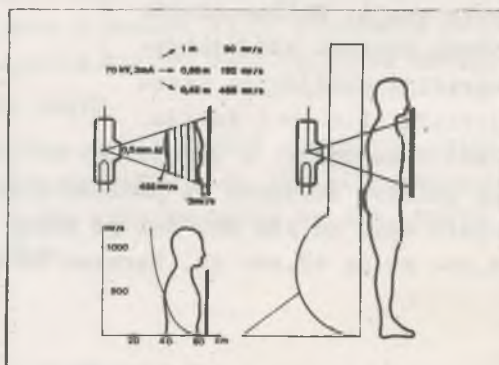
Ako govorimo o opterećenju stanovništva to znači da je to pitanje javne zdravstvene zaštite. U tom slučaju mora štetljivi agens prouzrokovati štetu na zdravlju - to je obolenje - priličnom ako ne većem delu stanovništva. Konačno mora i društvo da nadje načine i sredstva sa kojima može sprečavati nastajanje štete. Značaj jonizujućeg zračenja je takav da ekspozicija po jednoj strani može prouzrokovati obolenja, a po drugoj strani da je toj ekspoziciji izpostavljen širi krug populacije.

Običaj je takav da se niz zaštitnih mera uvodi tek onda kada događaji pokažu da je to zaista potrebno. Na-primer, danas pelucujemo decu protiv dječje paralize jer znamo kakve posledice ova bolest može ostaviti. Sasvim drugog značaja su oštećenja koje prouzrokuje jonizujuće zračenje. Osim ranih oštećenja koja nastaju odmah po ekspoziciji, poznajemo i oštećenja koja se pojavljuju u latentnoj dobi do 20 godina, a istotako i genetska oštećenja. Zato moramo ako govorimo o preventivi oštećenja jonizujućih zračenja, u prvom redu misliti na kasna i genetska oštećenja, koja do danas nisu ni radiobiološki ni klinički sasvim definirana, i ako nema sumnje da takva oštećenja postoje.

Ako govorimo o opterećenju populacije nemedicinskim izvorima zračenja moramo za usporedjivanje najprije pogledati red veličine primljenih doza populacije kod medicinske upotrebe zračenja.

Zdrava populacija najčešće je podvrgnuta dijagnostičkim ili fluorografskim rentgenskim pregledima. Na slici broj 1. vidimo opterećenost čoveka kod dijagnostičkog rentgenskog pregleda.

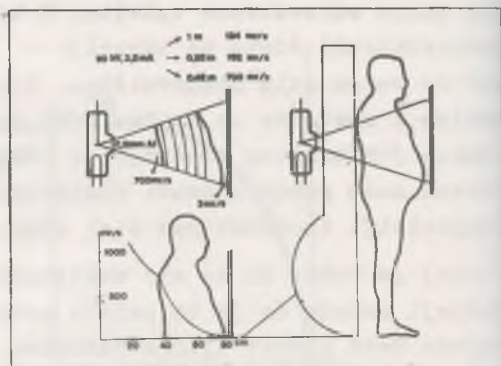
Slika broj 1.



Doza koju čovek kod rentgenskog pregleda prima zavisi od:

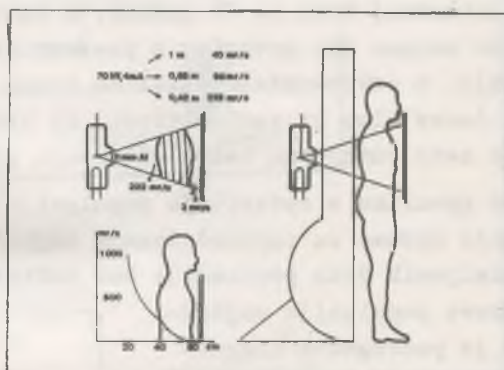
- adaptiranosti rentgenologa (kod dijagnostike),
- osetljivosti ekrana, filma, pojačivačke folije ili pojačala slike,
- korpulentnosti pacijenta,
- filtracije aparata,
- trajanja pregleda (kod dijagnostike).

Na slici broj 2. vidimo da moramo kod dijagnostičkog rentgenskog pregleda korpulentnijeg pacijenta upotrebiti drugačije uslove napona i anodne struje na rentgenskoj cevi, što razumljivo daje pacijetnu veću dozu na ozračenom delu tela.



Slika broj 2.

Smanjenje ekspozicije pacijenta postizemo na više načina. Na slici broj 3. vidimo što smo postigli time, da smo na izlaz zraka iz rentgenske cevi stavili umesto filtra 0,5 mm Al filtera debljine 2 mm Al. Anodna struja na cevi je doduše veća ali je zato kožna doza pacijenta upola manja. Slične efekte možemo postići kod rentgenografije uvođenjem osetljivijih filmova i folija,



Slika broj 3.

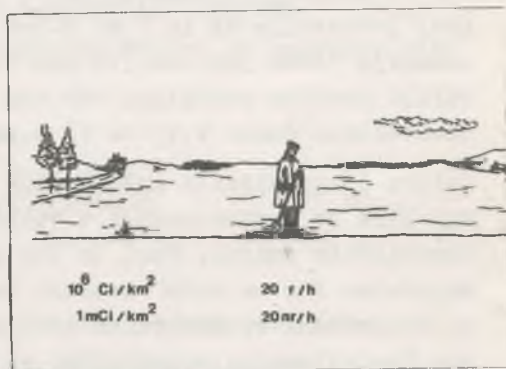
ali kod fluorografije uvođenjem osetljivih filmova. Kod svih naših primera sternum je pacijenta kod jednogminutnog pregleda primio dozu od 180 mr, dok je kožna doza na leđjima bila od 13.000 mr do 42.000 mr. Naravno te so doze računata sa pretpo-

stavkom da rentgenolog kod pregleda nije upotrebljavao blendu. Rentgenografija ili fluorografija smanjile bi tu dozu kod istog pregleda - u zavisnosti od osetljivosti filma i folije - za faktor 5 do 65, gde naravno veliki faktor smanjenja doze utječe na kvalitet slike.

Prirodni gama fon

Prirodni gama fon kao opterećenje populacije sumarni je efekat dejstvovanja kozmičkog i terestičkog zračenja. Kod procenjivanja opterećenja populacije moramo prirodnom gama fonu dodati i oduzeti uticaj materijala od kojih su izradjene stambene prostori-je populacije.

Stanovništvo naše zemlje opterećeno je prirodnim gama fonom jačine od 4 mikrorentgena na sat do 28 mikrorentgena na sat, što znači godišnje opterećenje od 35 mr do 245 mr. Od te godišnje doze pripisujemo cca 26 mr kozmičkom zračenju, a preostatak terestičkom zračenju. Terestičko zračenje menja se zbog



Slika broj 4.

radioaktivnih padavina u kojima se nalaze i dugoživeći radioaktivni izotopi. Na slici broj 4. vidimo opterećenost čoveka na jednom mestu od površine zemlje. U prvom slučaju kod radioaktivnih padavina reda veličine posle atomske eksplozije, a u drugom slučaju mesečnih fallouta u godini 1975. Povećanje prirodnog gama fona kod mesečnih fallouta takvih reda veličine nemoguće je izmeriti.

Naravno, ima redkih lokacija u našoj zemlji gde je na primer prirodni gama fon na seoskom dvorištu i do 100 mikrorentgena na sat ili u granitnoj kući do 40 mikrorentgena na sat. Takve pojave možemo smatrati iznimkom.

Interna kontaminacija populacije

Kod interne kontaminacije čoveka glavno dejstvo pretstavljaju alfa i beta emiteri. Pošto je jonizacija alfa zračenja 15-puta gušća od beta zračenja, kod dejstva alfa zračenja računa se dejstvo na pojedinu ćeliju čovječeg tela, a kod beta zračenja računa se doza koju prima jedan gram što je praktički 1 cm^3 čovječeg tela.

Pogledajmo kakvu absorbiranu dozu prima jedna ćelija kod prolaza jedne alfa čestice:

promjer ćelije: $8 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$

volumen ćelije: $2,66 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3$

masa ćelije: $2,66 \cdot 10^{-10} \text{ g}$

broj jonizacija na 10^{-6} m : 5.600 do 40.000

energija jedne jonizacije: cca 50 eV

ćeliji predata energija: 280.000 do 2.000.000 eV

absorbirana doza: 1,75 do 12,4 rad-a

Čitava je populacija naše zemlje opterećena alfa zračenjem radona, čija je koncentracija u velikoj zavisnosti od geoloških i meteoroloških uslova. Mali je deo populacije opterećen balneološkim dejstvima što se može smatrati kao medicinski uticaj. Profesionalno opterećeni su dejstvima alfa zračenja rudari u rudnicima ugljena. Profesionalna optrećenost na žalost je premalo istražena. Broj rudara u rudnicima urana minimalan je (oko 50).

Pogledajmo kakvu absorbiranu dozu prima jedan gram čovječeg tela u kome su inkorporirani beta emiteri. Račun za inkorporaciju 1 mCi/g izgleda ovako:

$$\Sigma D (\text{rad}) = N (\text{radioaktivnih atoma}) \cdot \bar{W} (\text{eV}) \cdot 1,6 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-2}$$

$$N (\text{radioaktivnih atoma}) = C (\text{mCi}) \cdot 3,7 \cdot 10^7 \cdot T_{\text{ef}} \cdot 1,44$$

Ukoliko neznamo kakvo je biološko vreme poluraspada uzimamo u račun fizičko vreme poluraspada koje je u svakom slučaju veće od biološkog, a time i izračunata absorbirana doza veća. Na sledećoj tabeli vidimo doze koje prima čovječe telo od inkorporacije radioizotopa u koncentracijama 1 mCi/g i 1 μ Ci/g.

RADIOTZOTOP	ΣD mCi/g	ΣD pCi/g
Na ²⁴	25.10 ³ rad	25 μ rad
J ¹³¹	110.10 ³ rad	110 μ rad
Sr ⁹⁰	40.10 ⁶ rad	40.000 μ rad

Razumljivo je da dejstvo Na²⁴ i J¹³¹ traje nekoliko dana ili nekoliko sedmica, dok dejstvo Sr⁹⁰ traje desetine godina.

U 1974. godini stanovništvo naše zemlje imalo je u kostima od 1 do 5 pCi Sr⁹⁰/g.

Izloženost stanovništva mekanih X i gama zračenjima

Pod izvorima mekanih X i gama zračenja kojima je izloženo stanovništvo podrazumevamo:

- satovi sa svetlećim kazaljka,
- televizori,
- radioaktivni javljači požara,
- svetleći nadpisi sa T³,
- avionski letovi.

Ocenjivanje doze mekanih zračenja veoma je komplicirano:

- zbog absorpcije mekanih zračenja u odeći, naočalima i kosi ljudi,
- zbog male poludebeline (oko 20 cm) absorpcije tih zračenja u vazduhu.

Nemerljivo je koliko dozu prima gledaoc kolor televizora koji gleda televiziju svaki dan po tri sata u udaljenosti od 3 metra, dok je merljivo koliko dozu zračenja zrači televizor na udaljenosti 5 cm od ekrana (oko 5 mikrorentgena na sat).

Nemerljiva je doza koju prima radnik u tvorničkoj hali u kojoj se nalazi na visini 8 metara 100 radioaktivnih javljača požara aktivnosti 72 mCi Am²⁴¹ dok je na udaljenosti 5 cm od jednog javljača snaga doze ekspozicije 30 mikrorentgena na sat.

DOPRINOS RAZMATRANJU PROBLEMA
OZRAČIVANJA STANOVNIŠTVA OD NEKIH IZVORA ZRAČENJA
KORIŠĆENIH U MASOVNOJ UPOTREBI

P.Marković

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča
Laboratorija za zaštitu od zračenja

1. Uvod

Ljudi su trpeli posledice štetnog dejstva jonizujućih zračenja pre nego što se za jonizujuća zračenja i znalo. Još početkom šesnaestog veka opažene su učestale bolesti pluća kod radnika u rudnicima kobalta u Saksoniji i u rudnicima plehblende u Joahimovu u Češkoj⁽¹⁾. Naravno u to vreme ljudi nisu bili, niti su mogli da budu svesni da su oboljenja, pa i smrt, ovih rudara dolazili usled udisanja radioaktivnih produkata radona, koji se oslobađao iz uranskih minerala u stenama rudnika.

Jonizujuća zračenja su otkrivena samim krajem prošlog veka, otkrivanjem x-zraka od strane Rendgena i radioaktivnosti od strane Bekerela i supružnika Kiri. U prve dve decenije po otkriću jonizujućih zračenja, ona su u glavnom korišćena u medicinske svrhe od strane lekara ili inženjera koji su radili zajedno sa lekarima. Razumljivo je onda da su izvesne čudne fiziološke promene, koje su se desile osobama koje su radile sa ovim zračenjima, veoma brzo bile povezane sa zračenjem kao uzročnikom. Interesantno je napomenuti da je jedan od prvih koji je opazio i objavio povrede uzrokovane x-zraćima bio naš zemljak N.Tesla⁽²⁾.

Publikovani podaci o ranim naporima na planu zaštite od zračenja su prilično šturi i retki. Glavni napor u to vreme je bio ustanovljavanje veličina koje karakterišu zračenje, kao i metoda merenja tih veličina, i utvrđivanje nivoa ozračivanja koji bi se mogli smatrati prihvatljivim za čoveka izloženog tom zračenju.

Počev od 1928 godine, problem utvrđivanja i preporučivanja normi ozračivanja počinje da se razmatra na međunarodnom nivou.

Te godine je u Štokholmu osnovana, pod pokroviteljstvom međunarodnog radiološkog kongresa, Međunarodna Komisija za radiološku zaštitu - MKRZ (International Commission on Radiological Protection - ICRP), "kao telo koje daje opšte norme za sve šire korišćenje izvora zračenja izazvanog brzim razvojem na polju nuklearne energije".⁽³⁾ Na svom prvom sastanku, održanom odmah posle osnivanja, MKRZ je preporučila, i odmah zatim i publikovala, prve međunarodne preporuke za zaštitu od jonizujućih zračenja.⁽⁴⁾ Komisija od tada izdaje svoje publikacije u naučnoj javnosti poznate kao "ICRP Publications", u kojima tretira i preporučuje rešenja za razne probleme iz oblasti zaštite od zračenja. Većina nacionalnih akata koji se odnose na zračenje su zasnovani na ovim preporukama. Do sada su izdate 23 ICRP-publikacije, a počev od ove godine razne preporuke u vezi zaštite od zračenja biće štampane u novopokrenutom časopisu Annals of the ICRP.

2. Neki osnovni pojmovi i definicije

Pre nego što predjemo na dalje izlaganje, zgodno je na ovom mestu dati neke osnovne pojmove koji će biti korišćeni u daljem tekstu.

Jonizujuća zračenja pri interakciji sa čovečjim telom, odnosno sa njegovim konstituentima, mogu da dovedu do efekata štetnih po zdravlje kako samih ozračenih osoba, tako i nekih potomaka. Ove, takozvane radijacione povrede, mogu da budu somatske i nasledne. Prema definiciji datoј od strane Međunarodne Komisije za zaštitu od zračenja (MKRZ) radijacioni efekti se zovu somatski ako se oni manifestuju kod same ozračene osobe a nasledni, ako se ti efekti pojavljuju i kod potomaka ozračene osobe.

Najvažnije pitanje za ustanovljavanje prihvatljivih nivoa ozračivanja je poznavanje veze doza-efekat. Odgovor na to pitanje nauka još nije definitivno dala. Preporuke Međunarodne Komisije za zaštitu od zračenja su zasnovane na pretpostavci linearnosti te veze za većinu kako somatskih tako i genetskih efekata. To bi značilo da ne postoji "bezbedan" nivo zračenja kome čovek može da bude izložen.

Dakle, bez obzira na veličinu primljene doze jonizujućih zračenja postoji izvestan konačan rizik za onog koji primi. Sa druge strane čovečanstvo se na ovom stupnju ovog razvoja, a verovatno ni u budućnosti, ne može odreći miroljubivog korišćenja jonizujućih zračenja, kao ni njihovih izvora, a to znači, s obzirom na prirodu tih

zračenja, ne može se potpuno izbeći ozračivanje ljudi, kao ni rizik povezan sa tim. Zbog toga se kada se razmatra ovaj problem mora ići na izvestan razuman kompromis važeći koristi koje čovek dobija od upotrebe jonizujućih zračenja, naspram rizika i štetnosti koja se pri tome pojavljuje. Pri tome, svakako, treba učiniti sve da se izbegne stvaranje predrasuda protiv korišćenja izvora zračenja što bi imalo negativnog uticaja i na sam dalji progres.

S te tačke gledišta osnovni zadatak zaštite od jonizujućih zračenja je, prema MKRZ "da spreči akutne radijacione efekte i da rizik kasnijih efekata svede na prihvatljiv nivo".

U zadnje vreme u svetu postaje sve aktuelniji problem procene opasnosti ozračivanja kako pojedinaca tako i stanovništva kao celine. Dve osnovne veličine koje se pri tome koriste su Rizik (R) i štetnost (G). Ovde dajemo njihove definicije onako kako ih je definisala MKRZ^(5,6):

- Rizik, R - je definisan kao verovatnoća da će neka osoba pretrpeti odredjen štetan efekat usled ozračivanja. Ta verovatnoća je, uopšte uzev, u prvoj aproksimaciji jednaka zbiru parcijalnih verovatnoća, koje odgovaraju različitim mogućim efektima.

Štetnost, G - je veličina koja uzima u obzir ne samo verovatnoću svakog od mogućih štetnih efekata već isto tako i stepen njihove ozbiljnosti.

Opravdanost uvodjenja koncepta štetnost je očigledna ako se ima u vidu da pojava jednog dobroćudnog tumora ne predstavlja u pogledu opasnosti isto što i pojava jednog zloćudnog tumora, pa čak i za zloćudne tumore njihova ozbiljnost u znatnoj meri zavisi od efikasnosti terapije.

3. Analize rizik/korist i cena/korist

Pri razmatranju nivoa ozračivanja pojedinih grupa ljudi MKRZ razlikuje maksimalno dozvoljene doze za profesionalno izložena lica (5 rem/godina), granicu doze za pojedince iz stanovništva (500 mrem/god.) i granicu doze za stanovništvo (170 mrem/god.), gde se ova poslednja može smatrati kao maksimalna srednja godišnja doza za stanovništvo.⁽⁷⁾

Skup maksimalno dozvoljenih doza i granica doza se može posmatrati samo kao deo sistema za ograničavanje izlaganja. Ovo naročito treba imati u vidu zbog činjenice da u ovom trenutku ne možemo da isključimo mogućnost da duže izlaganje pri nivoima maksimalno dozvoljenih doza i granica doza ne nosi izvestan konačan rizik povreda za pojedinca i stanovništvo. Prema MKRZ - jedan kompleksan sistem ograničavanja doza mora⁽⁵⁾

- da obezbedi saglasnost sa granicama doza
- da izbegne nepotrebno korišćenje izvora izlaganja
- da obezbedi da rezultujuće doze budu do one mere niske koliko se to razumno može postići, uzimajući u obzir ekonomske i socijalne faktore
- da obezbedi mere i postupke da doze budu opravdane odgovarajućim koristima koje se ne bi mogle da dobiju na drugi način.

Procena veličina za svaku pojedinačnu delatnost koja dovodi do izlaganja zračenju, svakako spada, pored MDD i GD, u najvažnije elemente takvog jednog sistema.

Svaka delatnost koja uključuje korišćenje izvora jonizujućih zračenja, koji na ovaj ili onaj način dovode do izlaganja ljudi tom zračenju, mora, predhodno da bude podvrgnuta proceni odnosa rizik/korist, odnosno štetnost/korist. Jedna ovakva analiza daje odgovor na pitanje da li je, u principu, jedna takva delatnost moguća ili ne, odnosno dozvoljiva ili nedozvoljiva. Možda ovde treba istaći da je ovakav prilaz svakako univerzalnijeg karaktera, koji se, nažalost, retko primenjuje, mada se zadnjih godina, zahvaljujući sve alarmantnijim pojavama u vezi očuvanja prirodne sredine, situacija u tom pogledu menja nabolje.

Za procenu rizik/korist, koriste se koeficijenti rizika, koji se mogu naći u referenci 8. Na primer, taj koeficijent, brojno uzev, iznosi za leukemiju 2×10^{-5} , za rak štitaste žlezde 10^{-4} itd.

Ako analiza rizik/korist pokaže da je posmatrana delatnost moguća sa gledišta prihvatljivosti rizika, to još uvek ne znači da takvu jednu aktivnost treba i odobriti. Odobrene može i treba da dodje tek onda kada analiza odnosa cena/korist ne pokaže da je nivo izloženosti tako nizak da dalje smanjivanje doze neće doneti

koristi koje bi opravdavale dalje napore i cenu da se to i postigne.

Tehnike ovih analiza su prilično komplikovane i zahtevaju razradu postupka od slučaja do slučaja. Međunarodna Komisija za radio-lošku zaštitu je u svojim preporukama ICRP-Publication 22 dala metod za jednu dosta uprošćenu analizu gornjih veličina, koji, ako ništa drugo, može da posluži kao vodilja kako tim analizama treba prići.

4. Granice doza za pojedine izvore

U prethodnom izlaganju napomenuli smo da je srednja granica doze za stanovništvo kao celinu 170 mrem/god. Treba reći da u našim odgovarajućim zakonima i propisima ozračivanje stanovništva kao celine praktično se i ne tretira. Pri razmatranju granica doza za stanovništvo polazi se od doprinosa ozračivanju od raznih izvora zračenja. Pri tome kao polazna tačka treba da bude već izvršena analiza rizik/korist i cena/korist. Nažalost, u našem slučaju to nije moguće, jednostavno zbog toga što takve analize ne postoje. Zbog toga ćemo za dalju diskusiju problema koji imamo pred sobom, uzeti nešto drugačiji prilaz, dodajući da pre ili kasnije gore pomenute analize treba da budu uradjene, s tim što se sve to mora i zakonski regulisati.

Kao prvo razmotrićemo rizik izlaganja zračenju od tehničkih izvora sa odgovarajućim rizikom izlaganja prirodnom fonu. Ideja je u sledećem: ljudi žive izloženi zračenju prirodnog fona kroz celu istoriju svoje evolucije. Ma da se ne može reći da je to i dobro, čovek je ipak uspeo da to preživi i da se razvija. Može se reći da je rizik od izlaganja zračenju fona uporediv sa drugim rizicima koje čovek obično prihvata bez razmišljanja. Prema BEIR-ovom izveštaju⁽⁸⁾ koji se danas u svetu uzima kao osnovni materijal pri razmatranjima ove vrste: "Ako se genetski značajna doza izlaganja drži znatno ispod ovog nivoa (fona - prim. autora), onda možemo da budemo sigurni da se dodatne kosekvence neće razlikovati ni po vrsti niti po količini od onih koje smo iskusili kroz ljudsku istoriju".

U nedostatku već pomenutih analiza moglo bi se, kao radno pravilo za izvore o kojima je ovde reč, uzeti:

Pošto je za doze izlaganja manja od varijacija u lokalnom prirodnom fonu, rizik za pojedinca i stanovništvo tako mali da njih-

va zdravlje i dobrobit ne mogu biti znatno promenjeni prisustvom ili odsustvom zračenja, pa se delatnosti sa takvim dozama izlaganja mogu smatrati dopustivimi i prihvatljivim.

Ako to nije slučaj stvari postaju komplikovanije. U daljem razmatranju ovog problema posebno ćemo razmatrati radioaktivne gromobrane (RAG-a) i javljače požara koji predstavljaju poseban problem u našoj konkretnoj situaciji.

4.1. Radioaktivni gromobrani (RAG)

Kada razmatramo ozračivanje stanovništva zračenjem emitovanim radioaktivnim izvorima ugrađenim u RAG-e, treba, između ostalog, imati u vidu sledeće činjenice:

- Gromobrani su postavljeni, i ako se ovakav trend nastavi biće postavljeni u naseljena mesta, i tokom vremena jedan dobar deo stanovništva naše zemlje će biti izložen zračenju koje potiče od RAG-a.
- Doze zračenja u pojedinim tačkama na zonama gde su gromobrani postavljeni iznad lokalnih varijacija fona.
- Razmatraćemo samo spoljašnje ozračivanje ljudi u normalnim uslovima primene RAG-a.

Regulisanje nivoa izloženosti zračenju od RAG-a u našoj zemlji nije bez svoje istorije. U vezi toga u službenom listu SFRJ 13/68 stoji:

"Za hvataljke iz tačke 8.13 ovih propisa opasna zona zračenja je zona u kojoj doza radioaktivnog zračenja prelazi maksimalno dozvoljenu vrednost. Maksimalno dozvoljena vrednost je 2.5 mr/h (mili rengena na čas).

Veličina opasne zone zračenja zavisi od aktivnosti upotrebljenog izvora i ona za izvor Co^{60} aktivnosti 100 mCi (milikirija) iznosi u poluprečniku oko 7 m iznad otvorenog izvora. Površina ispod ravni hvataljke treba da bude zaštićena od zračenja radnom posudom".

Zakonodavac je ovde omanuo jer vrednost od 2.5 mr/h je maksimalno dozvoljena doza za lica profesionalno zaposlena sa zračenjem

a nikako za šire stanovništvo.

Uvidjajući neprimenljivost postojećih zakonskih normi, zainteresovani za ta pitanja su održali u decembru 1973.god. savetovanje na kome je zaključeno da izlaganje od radioaktivnih gromobrana ne treba da prelazi.

a) 25 $\mu\text{R/h}$, uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od radioaktivnog izvora zračenja, gde može dospeti ili boraviti okolno stanovništvo.

b) 50 $\mu\text{R/h}$ uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od izvora zračenja, gde se kreće ili boravi zaposleno osoblje sa punim radnim vremenom.

Iako predhodni zaključak nije imao snagu zakona, odgovorni za zaštitu od zračenja su se pri ugradnji RAG-ova, uglavnom pridržavali normi doneti tim zaključcima. Treba istaći da gornje brojke, 25 $\mu\text{R/h}$ i 50 $\mu\text{R/h}$, nisu izvedene ni iz kakvih drugih normi, ili zasnovane na nekakvoj analizi stanja, već su uzete u priličnoj meri nasumice.

U analizi ovde poćićemo od srednje doze za stanovništvo, tj. od 170 mrem/god., po glavi stanovnika. Trend je u svetu, a izgleda razumno da naša zemlja ne bude izuzetak u tom pogledu, da se ova granica drži znatno niže, između ostalog i zbog toga što se još uvek ne raspolaže pouzdanim podacima o genetskim efektima niskih doza. Uzećemo kao radnu hipotezu, koja nije u kontradikciji sa literaturnim podacima, da gornju vrednost treba smanjiti bar na jednu polovinu.

Teško da bi se u ovom trenutku mogla braniti ideja da doprinos ozračivanju stanovništva od radioaktivnih gromobrana bude veći od 1/4, od ukupnog ozračivanja, što bi, s obzirom na gornju pretpostavku, iznosilo negde oko 20 mrem/god. Imajući u vidu ovo možda bi se kao zaključak moglo izvući pravilo

Radioaktivni gromobrani mogu da budu postavljeni u naseljenim mestima samo ako je zadovoljen uslov da jačina doze, srednje uzev, kojoj su izloženi ljudi u takvom jednom naseljenom mestu ne prelazi 20 mrem/god.

Interesantno je napomenuti da ova brojka iznosi, približno uzev, 20-30% od ozračivanja zračenjem koje dolazi od prirodnog fona, što ni u kom slučaju ne bi trebalo prekoračiti.

Imajući u vidu da gornje vrednosti predstavljaju prilično veliko ograničenje, ali i ograničenje koje je sasvim u saglasnosti sa postojećim međunarodnim normama i stremljenjima u svetu, moglo bi se, verovatno, za manje grupe, ili specijalno razmatrane slučajeve, da dozvole jačine doza izlaganja do oko 120 mrem/god. Nije suviše reći da je ovo, približno uzev, negde oko jedne četvrtine od maksimalno dozvoljene doze, izlaganje za pojedince iz stanovništva, koja je zasnovana na tome da se rizik za dobijanje raka, usled izlaganja zračenju svede na najmanju moguću meru.

Do sada smo diskutovali doze zračenja od radioaktivnih gromobrana kojima bi se moglo dozvoliti izlaganje ljudi. U praksi postavljanje gromobrana, kao i kontrole zračenja, osnovni problem je koliko mogu da budu jačine doza u pojedinim tačkama, ili zonama, u naseljenim mestima pa da ne dodje do prekoračenja gore razmatranih doza kojima su ljudi stvarno izloženi. Detaljan odgovor na ovo pitanje je dosta teško dati, jer to zavisi od više faktora koji se i prostorno i vremenski menjaju. Jedan veoma pojednostavljen prilaz, na primer, bio bi da se kaže da ni u jednoj tački naseljenog mesta jačina doze koja potiče od radioaktivnih gromobrana ne sme da predje 8 μ rem/h.

Naravno sve ovo ne znači da radioaktivne gromobrane i treba postavljati u naseljena mesta. O tome treba doneti odluku posle razmatranja svih drugih faktora (akcidenti, mogućnost diverzije, efikasnost itd.).

Kada se radi o nenaseljenim mestima (fabričke hale, razni drugi objekti van naseljenih mesta) gornja vrednost od 8 μ R/h, mogla bi da bude za faktor 1.5-2.5 puta veća.

4.2. Javljači požara

Radioaktivni javljači požara se danas u svetu dosta masovno koriste. Kod nas je njihova upotreba znatna i u rastućoj ekspanziji. Nažalost u nas ne postoje nikakvi propisi koji bi regulisali njihovu upotrebu sa gledišta problema koji iskrsavaju u vezi zračenja koje oni emituju, kao i mogućnosti akcidenata.

U svetu u raznim klasifikacijama izvora zračenja javljači požara stavljani su u grupu u koju spadaju uredjaji koji pri normalnoj eksploataciji ne dovode do izlaganja dozama koje bi bile veće

od genetski značajne doze za stanovništvo. Tako, na primer, u Sovjetskom Savezu jačina izlaganja na rastojanju od jednog metra od javljača požara ne sme da predje 10 $\mu\text{R/h}$ ⁽⁹⁾. Slična situacija je i u drugim zemljama.

U našem slučaju bi se verovatno mogla uzeti gornja brojka, sa ograničenjem da jačina izlaganja od javljača požara na mestima gde ljudi rade ne bi trebala da bude veća od fluktacija izlaganja lokalnog prirodnog fona.

Zaključak

U radu su razmatrani neki od elemenata koji čine osnovu sistema za ograničavanje izlaganja jonizujućim zračenjima. Takođe su diskutovane osnove granica doza i dat predlog za stanovništvo za dva konkretna slučaja - radioaktivne gromobrane i javljače požara.

Treba istaći da naša regulativa za ova pitanja nije potpuna i da nije zasnovana na osnovama danas već prihvaćenim u svetu - riziku kao osnovi sistema. U tom smislu potrebne su znatne izmene, pri čemu treba pratiti i izmene po tom pitanju koje čini International Commission on Radiation Protection.

Literatura

1. K.Z.Morgan, Radiation Dosimetry, Proceedings of the First International Summer School on Radiation Protection - Cavtat, 1970, Edited by I.Mirić
2. N.Tesla, x-rays, Electrical Rev. December 2, 1896
3. L.S.Taylor, Radiation Protection Standards, CRC-Press, (1971)
4. P.Marković, IBK-1117, juli 1972
5. ICRP-Publication 22, Pergamon Press (1972)
6. P.Marković, Radijacioni rizik, VIII Simpozijum Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Herceg-Novi, 20-23 maj 1975.
7. ICRP-Publication 9, Pergamon Press, London (1965)

8. The Biological Effects of Ionizing Radiations - National Academy of Sciences - National Research Council, 1972
9. N.V.Veršinin, obespečenje radiacionoj bezopasnosti pri ispolzovani priborov s radioizotopnim istočnikom izlučenii, Proceedings of the Third International Congress of the International Radiation Protection Association, Washington D.C. September 9-14, 1973.

MOGUĆI AKCIDENTI SA POJEDINIM IZVORIMA ZRAČENJA
U MASOVNOJ UPOTREBI - RADIOAKTIVNI GROMOBRANI I PREVENTIVNE
MERE ZAŠTITE

Dj. Ristić

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča

1. Uvod

Najmasovnija upotreba izvora zračenja u našoj zemlji, ne po broju uredjaja, već po ukupnoj aktivnosti upotrebjenih radioaktivnih izotopa (oko 800 Ci), je u radioaktivnim gromobranima. Njihov broj, danas, iznosi oko 3.000 komada.

S obzirom na stalni interes potrošača za ovakvu vrstu gromobrana i trend postavljanja njihov broj je sve veći. Ovo ima za posledicu, pored ostalog, porast verovatnoće dešavanja akcidenata sa njima. Zbog toga je od interesa razmatranje vrste i stepen opasnosti u slučaju akcidenta, preventivnih mera zaštite i stečenih iskustava, u dosadašnjoj praksi.

2. Opasnosti koje mogu da se očekuju u slučaju akcidenta

Skoro svi radioaktivni gromobrani, koji se koriste kod nas, imaju kao izvore zračenja 200 mCi Co-60 i 400 mCi Eu-152,154. ⁽¹⁾

Na slikama 1 i 2. prikazani su izgledi ovih gromobrana i jačine ekspoziционих doza zračenja u njihovoj neposrednoj okolini. ⁽²⁾ Radioaktivni izotopi, u principu, predstavljaju opasnost od kontaminacije i ozračivanja. S obzirom na način pakovanja radioaktivnih izotopa u radioaktivnim gromobranima ne postoji opasnost od kontaminacije okoline i stanovništva kako u normalnim uslovima korišćenja tako i u slučaju akcidenta. Opasnost od ozračivanja stanovništva u normalnim uslovima korišćenja nije isključena. O stepenu opasnosti i riziku u vezi sa ozračivanjem pisano je ranije ⁽³⁾, a takođe je i predmet radova koji će biti izloženi na ovom savetovanju.

U slučaju akcidenta (naprimer, pada konstrukcije gromobrana usled nepredvidjenih okolnosti, kao što su: udar, zemljotres, jak vetar, požar na objektu i sl.) može da nastane povećana opasnost od ozračivanja pojedinaca i veće grupe ljudi. U takvim situacijama postoji mogućnost da lica koja intervenišu i stanovništvo koje se zateklo u neposrednoj okolini budu izloženi ozračivanju od korisnog snopa zračenja. Veličina doze ozračivanja se može proceniti unapred, ukoliko se pretpostave vreme izlaganja i rastojanje do glave gromobrana, u kojoj je smešten izvor zračenja, a sa slike 1 i 2. se upotrebe odgovarajuće vrednosti za jačine ekspozicionih doza zračenja oko gromobrana.

U slučaju požara, kada najčešće dolazi do topljenja olovnog suda - radnog kontejnera, glave gromobrana, jačine ekspozicionih doza zračenja su kao i u normalnim uslovima korišćenja (slike 1 i 2.), te se mogu, takodje, proceniti doze ozračivanja kojima može da bude izložena okoline, pod pretpostavljenim uslovima. U ovom slučaju preostali nosač izvora zračenja zrači u celom prostornom uglu.

Uzimajući u obzir situacije i pretpostavke, koje su moguće u najekstremnijim slučajevima, doze ozračivanja pojedinaca ili manje grupe ljudi ne bi prekoračile maksimalno dozvoljive za jednokratno ozračivanje u akcidentalnim slučajevima.

3. Preventivne mere zaštite i neka iskustva

Da bi se ozračivanje svelo na najmanju moguću meru neophodno je da se preduznu odgovarajuće preventivne mere zaštite. Preventivne mere zaštite imaju za cilj da nastanak akcidenata, odnosno njihove posledice, svedu na najmanju moguću meru.

Zbog toga je potrebno da se:

- u toku izrade projekta gromobranske zaštite razmotre potencijalne okolnosti koje mogu da dovedu do akcidenta i da se izabere rešenje koje će dati najmanju mogućnost da dodje do požara ili pada gromobranske konstrukcije,

- obezbedi provera odredjenih parametara pre izdavanja odobrenja za korišćenje i u toku korišćenja gromobrana - kontrola radioaktivnog gromobrana⁽⁴⁾ i

- izradi plan intervencije u slučaju akcidenta.

Kontrola radioaktivnih gromobrana je potrebna da bi se stvoreni potrebni uslovi za bezbedno korišćenje, u vreme postavljanja, očuvali i u toku njihovog korišćenja. Naše iskustvo je pokazalo da sadržaj kontrole treba da obuhvati:

1. Rezultati provera i merenja:

U smislu nastanka nove situacije koja je dovela do karakterističnog povećanja ljudi izloženih zračenju ili povećanja doza njihovog ozračivanja.

- a) eventualne promene u zoni zaštite gromobrana,
- b) stanje tehničke ispravnosti gromobrana: šiljak, izolator, prsten, stub, zatege, odvodne trake i mehaničke zaštite,
- c) topografija jačina ekspozicionih doza zračenja oko gromobrana,
- d) vrednost izmerenog otpora uzemljenja

2. Provera dokumentacije u vezi gromobrana, a naročito postojanje uputstva za postupak u slučaju akcidenta i aktuelnost brojeva telefona.

3. Provera koja će utvrditi da su lica iz radne organizacije, zadužena za zaštitu od zračenja, koja su upoznata sa postupkom u slučaju akcidenta, zadržala ova zaduženja ili je došlo do promene.

Postojanje odgovarajućeg uputstva ili postupka ili plana intervencije u slučaju akcidenta rešava mnoge dileme. Pre svega, procene vrste i obima akcidenta; mere i akcije koje treba preduzeti i izbegavanje nesporazuma ili eventualne dramtizacije ili podcenjivanja opasnosti. Takodje se postiže odgovarajuća informisanost ljudi, službi i institucija kao i preciziranje njihove uloge u slučaju akcidenta sa gromobranom.

U tom cilju potrebno je da uputstvo za slučaj akcidenta sadrži, pored ostalog:

- način alarmiranja i izveštavanja;
- nazivi institucija, organa i službi sa brojevima telefona

ili teleksa i imenima pojedinih lica koje je potrebno alarmirati
- izvestiti o nastalom akcidentu i

- neophodne mere, koje treba da se preduzmu, kako bi se izlaganje ljudi zračenju svelo na najmanju moguću meru, do dolaska ekipe za intervenciju Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča i preduzeća koje je postavilo gromobran.

Takodje je potrebno da teritorijalni organi i službe (Sekreterijati narodne odbrane i jedinice protivpožarne zaštite) raspolažu sa sledećim podacima:

- ime, adresa i broj telefona odgovornog rukovodioca pogona, objekta i sl., gde se koristi gromobran,
- ime, adresa i broj telefona lica odgovornog za zaštitu od zračenja gromobrana i njegovog zamenika,
- osnovne karakteristike izvora zračenja i gromobrana,
- topografija jačina ekspozicionih doza zračenja oko gromobrana,
- broj telefona preduzeća koje je postavilo gromobran i Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča.

Iznete preventivne mere zaštite su do sada, u većini slučajeva, sprovedjene, mađa nisu u potpunosti. Izvesan broj korisnika ne sprovodi predviđene mere zaštite, i ako ih na to obavezuju Rešenja za korišćenje gromobrana, izdatih od nadležnih Sanitarnih inspektorata, i odredbe Pravilnika o povremenim merenjima i proveravanju kontaminacije stvari i lica i o proveravanju ispravnosti mernih instrumenata i zaštitnih sredstava ("Sl.list SFRJ", br.26/64).

Inače stečena iskustva, u dosadašnjoj, desetogodišnjoj praksi korišćenja radioaktivnih gromobrana, pokazuju da, s obzirom na vrstu i broj akcidenata, koji su se dešavali, i rezultujućih posledica, nema mogućnosti većeg ozračivanja stanovništva i pojedinaca, pa prema tome i značajnih posledica, pod uslovom da se unapred predviđene mere zaštite sprovode.

Analizirajući podatke o akcidentima koji su se do sada dogodili zaključili smo sledeće.

U većini slučajeva uzrok akcidenta je bio jak vetar. Što znači da je projektant loše predvideo učvršćenje nosećeg stuba ili da izvodjač radova nije solidno izveo radove na učvršćivanju. Do sada su se dogodila samo dva slučaja požara-akcidenta u kojima su

gorele hvataljke gromobrana. U svim akcidentima, koji su se do sada dogodili, preduzimanje su predviđene mere zaštite: usmeravanje korisnog snopa zračenja u stranu gde nikog neće ozračivati, ogradjivanje prostora oko gromobrana, postavljanje oznaka "OPASNOST ZRAČENJE", obaveštavanje Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič" Vinča i preduzeće koje je postavilo radioaktivni gromobran, nadležnih Sanitarnih inspektorata i ovlašćenih ustanova za poslovne zaštite od jonizujućih zračenja. (5)

4. Mogućnost zloupotrebe i posledice

Mogućnost zloupotrebe izvora zračenja iz radioaktivnih gromobrana u cilju nanošenja povrede trećem licu, nije isključena. Do sada nije bilo slučajeva zloupotrebe kod nas. Razlog tome je, verovatno, zbog uvreženog mišljenja kod laika da sve što je u vezi sa ovakvim zračenjima može da bude pogibljeno.

Organizovan način zloupotrebe od ljudi koji su pripremljeni za rukovanje sa izvorima zračenja zahteva upotrebu pomoćnih uređaja i teških olovnih sudova-kontejnera čija upotreba na dostupnim objektima, na kojima se nalaze radioaktivni gromobrani, ne bi prošla nezapaženo, što je priličan rizik da se otkrije namera izvršioca.

U principu, namerno podmetanje izvora zračenja iz radioaktivnih gromobrana može da izazove ozračivanje pojedinaca i većeg broja ljudi dozama koje mogu dostići i smrtne doze ozračivanja. Na primer, prisustvo takvog izvora zračenja u prostorijama, u kojima veći broj ljudi provodi puno radno vreme, ozračivanje može dostići, u toku jednog dana, doze od 1 rem-a do nekoliko stotina rem-a.

Zaključak

Podaci i razmatranja, izneti u ovom radu, pokazuju:

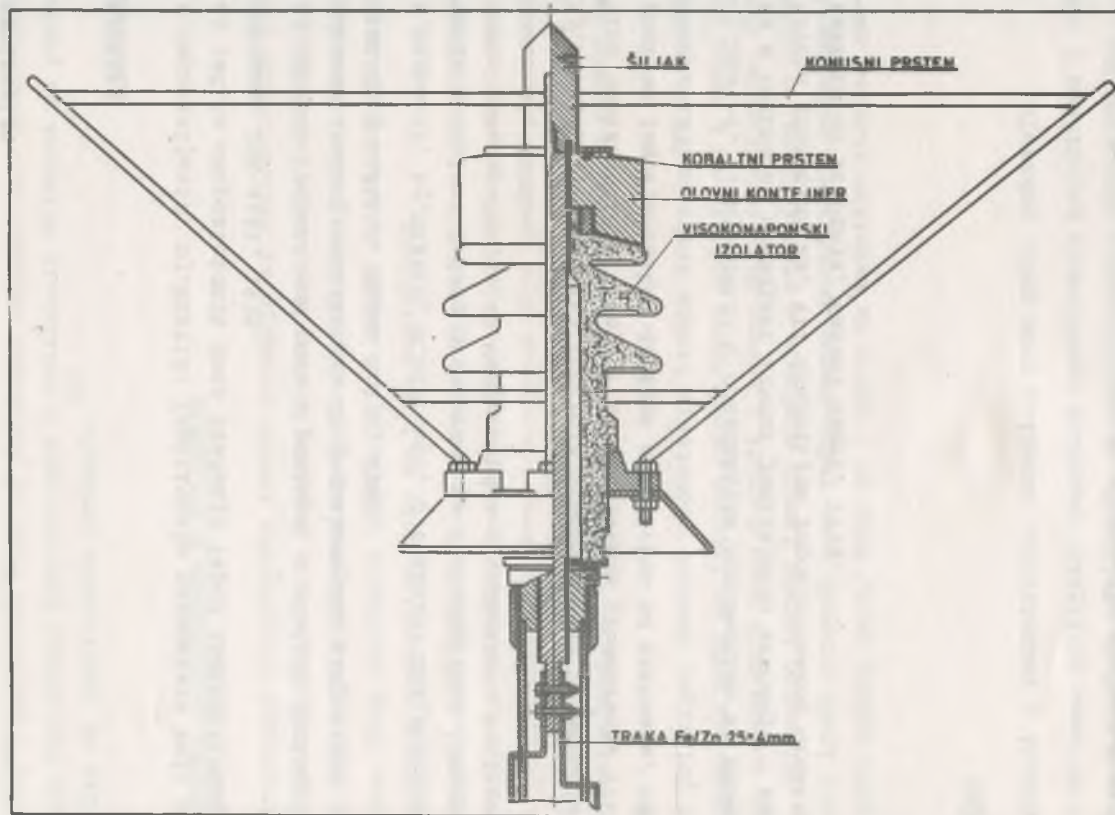
- da nema ozbiljnih opasnosti ozračivanja pojedinaca i stanovništva u slučaju akcidenta sa radioaktivnim gromobranima;
- da stepen ozračivanja zavisi od sprovođenja preventivnih mera zaštite, iznetih u radu;

- da izvestan broj korisnika, oko trideset procenata, nije sproveo preventivne mere zaštite i

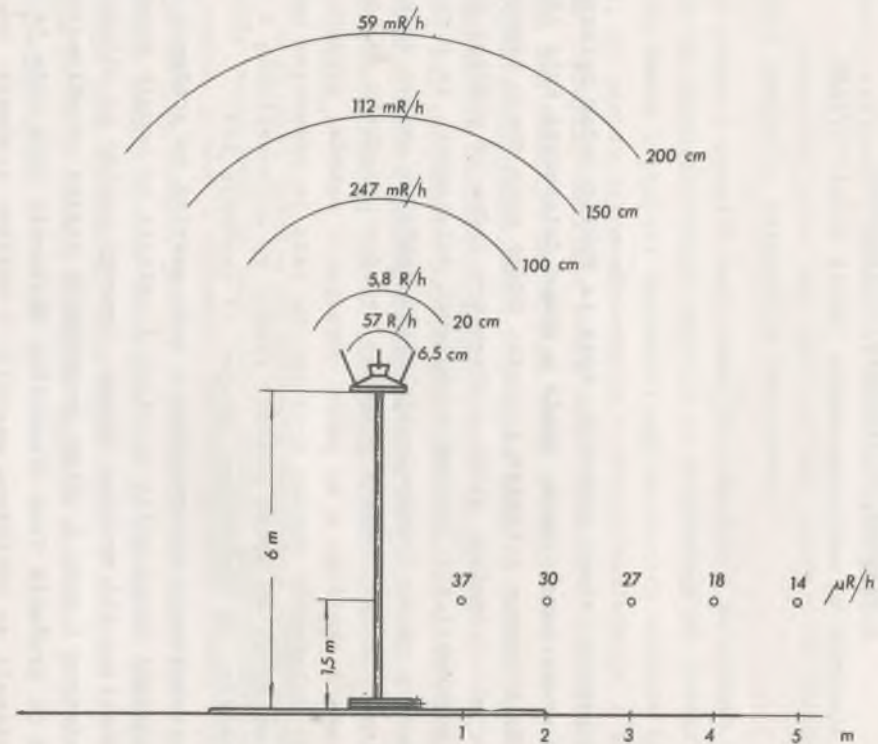
- da u desetogodišnjoj praksi korišćenja radioaktivnih gromobrana nije bilo, u akcidentima, prekomernog ozračivanja niti kontaminacije.

Literatura

1. B.Radosavljević, Dj.Ristić: Ispitivanje parametara koji utiču na jačinu ekspozicionih doza zračenja ispod radioaktivnog gromobrana, IBK-1141, 1975.
2. Dj.Ristić: Preventivne mere i postupak u slučaju akcidenta sa radioaktivnim gromobranima, IV jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti, Baško Polje, 1969.
3. P.Marković, Dj.Ristić, M.Ninčević, S.Vuković: Dozimetrija zračenja u okolini jednog gromobrana sa radioaktivnim izvorom emiterom gama zračenja, 12 Međunarodna gromobranska konferencija, Portorož, 1973.
4. Dj.Ristić, S.Gnjatović: Kontrola gromobrana sa ugradjenim izvorima jonizujućih zračenja - radioaktivnih gromobrana, VII Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari, 1973.
5. Dj.Ristić, S.Gnjatović: O dosadašnjim akcidentima sa gromobranima u kojima su ugradjeni izvori jonizujućih zračenja - radioaktivnim gromobranima, VII Simpozijum jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, Kaštel Stari, 1973.



SL. 1 IZGL ED GLAVE (HVATALJKE) GROMOB RANA SA JONIZUJUĆIM IZVOROM ZRAČENJA



Sl.2. Izgled radioaktivnog gromobrana sa izvorom zračenja 400 mCi Eu-152,154 sa topografijom jačina ekspozicionih doza zračenja.

RAZMATRANJE NEKIH MERA SIGURNOSTI I ZAŠTITE
KOD ŠIRE UPOTREBE IZVORA ZRAČENJA

P.Bojović, S.Mitrović, M.Ninković
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

Uvod

Šira upotreba izvora zračenja, koja je dobrim delom opisana u referatima ovoga savetovanja, spada u grupu delatnosti koje ljudima donose istovremeno i korist i rizik. Odnos ovih dveju kategorija, tj. koristi i rizike, služi društvu kao jedna od podloga za izjašnjenja o dozvoli ili zabrani odredjenih delatnosti. Iz toga razloga savremena nauka i tehnologija ulažu značajne napore da na osnovu rezultata istraživanja i praćenja uticaja pojedinih delatnosti na čoveka i okolinu, a uz pomoć odredjenih metoda, procene rizik koje te delatnosti donose društvu. Do sada je procenjen veći broj rizika od kojih su dobro poznati rizici od automobilskog i vazdušnog saobraćaja, od električne struje, od zračenja itd.

Rizik ozračivanja stanovništva i mere zaštite od zračenja aktuelno se upoznati mnogo bolje no rizik i zaštita od mnogih drugih delatnosti starijeg ili novijeg datuma. Osnovni razlog za ulaganje ogromnih sredstava i rada u cilju upoznavanja rizika ozračivanja i mera zaštite od zračenja jesu dramatične okolnosti kroz koje je šira javnost saznala za nuklearnu energiju i dejstvo zračenja. Ove okolnosti jesu jedan od razloga što javnost i danas reaguje mnogo oštrije i aktivnije na pojavu raznih izvora zračenja, mada je rizik od današnjih doza njihovog zračenja daleko manji od rizika mnogih drugih delatnosti.

Činjenica o poznavanju rizika ozračivanja, o mogućnostima zaštite od zračenja, kao i o reakciji javnosti na izvore zračenja, obavezuju odgovorne organe uprave i kvalifikovane stručnjake da se za širu upotrebu izvora zračenja organizuju sledeće kategorije aktivnosti:

a) pravovremeno uspostavljanje odgovarajućih normi i propisa zasnovanih na savremenim saznanjima nauke i tehnike,

b) obezbeđivanje sprovođenja i kontrole sprovođenja uspostavljene regulative angažovanjem adekvatnog stručnog kadra,

c) informisanje javnosti o svim pojavama upotrebe izvora zračenja: o vrsti, trajanju i dimenziji uticaja ovih pojava.

Pomenućemo samo neke razloge koji upućuju na neophodnost organizovanja pomenutih kategorija aktivnosti:

a) Norme i propisi koji regulišu određenu delatnost jesu potreban uslov za dimenzionisanje uticaja te delatnosti na čoveka i okolinu. Ako se norme i propisi uspostavljaju na osnovu analiza koristi i rizika, na osnovu tehn-ekonomskih i drugih evolucija i faktora, onda norme i propisi dobijaju svoju pravu funkciju. Pravovremeno uspostavljanje ove funkcije takodje je važna stvar, naročito u domenu zračenja, jer zakašnjenje normi i propisa može da nanese društvu značajne štete. Naime, nedostatak propisa može da dovede dve dijametralno suprotne, ali podjednako nepoželjne situacije: može da dovede do sprečavanja upotrebe izvora zračenja, što znači do lišavanja jedne savremene tehnologije, ili da dovede do upotrebe koja može biti stihijska i štetna.

U oblasti zaštite od zračenja donošenje normi i propisa predstavlja posao koji je delikatan i obiman, koji zahteva stalno praćenje raznih pojava i saznanja, jer je upotreba izvora zračenja relativno novijeg datuma, jer se svakodnevno javljaju novi modaliteti upotrebe raznih izvora zračenja, dok je kapacitet sredine za doze zračenja ipak ograničen. Zbog toga, norme i propisi moraju biti stalna briga društva i posao za koji je potrebno znanje, angažovanje i strpljenje.

b) Najbolje norme i propisi mogu ostati bez funkcije i pravog značaja ako se ne obezbede njihova sprovođenja i kontrola njihovog sprovođenja i to sa kvalifikovanim stručnim kadrom adekvatnih profesija. Ova aktivnost zahteva i odgovarajuću materijalnu bazu, a u prvom redu opremu, kako terensku tako i laboratorijsku, uključujući i solidno baždarenje instrumenata. U okviru ove aktivnosti mora se pratiti saglasnost normi i propisa sa praksom, sa promenama na terenu, a rezultati praćenja obradivati i koristiti na način koji će predstavljati informacije i podloge za korekcije i dopune

normi i propisa.

c) Informisanje javnosti o dejstvu zračenja i zaštiti i pojavama izvora zračenja ima višestruki značaj zbog naglog razvoja nuklearne tehnologije, transporta nuklearnog goriva, značajnih količina otpadnih radioaktivnih materijala i drugih pojava koje prate izgradnju nuklearnih elektrana i upotrebu nuklearne energije u druge svrhe. Ako se društvo opredeli za nuklearnu tehnologiju i širu primenu raznih izvora zračenja, ono mora biti informisano, jer u izjašnjavanju o riziku ozračivanja koji se u datim okolnostima i potrebama želi da prihvati za pojedine grupe ili stanovništvo u celini, u dogovorima o dozvoljenom doprinosu pojedinih izvora zračenja ukupnom riziku, odgovorno može da učestvuje samo dobro informisano društvo.

Postojeća regulativa

U Osnovnom zakonu o zaštiti od jonizujućih zračenja (1) i većem broju pravilnika donetim na osnovu njega, regulisan je dobar deo materije iz oblasti zaštite od zračenja, pri čemu je više obradjena zaštita lica koja rade sa izvorima zračenja, a manje zaštita stanovništva i okoline. Ovo je odraz situacije i sagledavanja potreba u vremenu kada je stvarana naša regulativa, tj. u vremenu kada nije bilo šire upotrebe izvora zračenja i kada se nije računalo sa verovatnoćom brzog razvoja nuklearne energije.

U okviru postojeće regulative posebnu pažnju zaslužuje "Pravilnik o tehničkim propisima o gromobranima" (2) jer je to jedan od prvih dokumenata koji reguliše upotrebu i radioaktivnih gromobrana, dakle izvora zračenja šire upotrebe.

U ovom Pravilniku (2) koji je izložen na 13 strana Službenog lista SFRJ, deo pod naslovom "Gromobrani sa izvorima jonizujućeg zračenja" zauzima nešto više od jedne strane.

Dimenziona nehomogenost jeste jedan od prvih utisaka o ovome zakonu kao celini. Naime, u poglavlju "Objašnjenje pojmova" opisano je vrlo dobro značenja skoro tridesetak izraza, počev od groma i pražnjenja, pa preko odvoda i hvataljki do zemljovoda i uzemljenja, dok su bez objašnjenja ostali izrazi iz oblasti zračenja i zaštite od zračenja upotrebljeni u poglavlju "Gromobrani sa izvorima jonizujućeg zračenja".

Na primer, u poglavlju 8. Gromobrani sa izvorima jonizujućeg zračenja, tačka 8.14 glasi:

"Za hvataljke iz tačke 8.13 ovih propisa opasna zona zračenja je zona u kojoj doza radioaktivnog zračenja prelazi maksimalno dozvoljenu vrednost. Maksimalno dozvoljena vrednost je 2,5 mR/h (milirendgena na čas).

Veličina opasne zone zračenja zavisi od aktivnosti upotrebljenog izvora i ona za izvor Co^{60} aktivnosti 100 mCi (milikirija) iznosi u poluprečniku oko 7 m iznad otvorenog izvora. Površina ispod ravni hvataljke treba da bude zaštićena od zračenja radnom posudom."

Ni jednom rečju ne daje se objašnjenje "opasne zone zračenja" niti se upućuje na neki drugi zakon ili pravilnik koji definiše tu zonu. Isto tako ostala je bez objašnjenja "maksimalno dozvoljena vrednost od 2,5 mR/h, i bez pozivanja, na primer na "Pravilnik o dozvoljenim dozama jonizujućih zračenja kojima mogu biti izložena lica koja rade sa izvorima tih zračenja (3). Ovako nedefinisani izrazi i bez pozivanja na postojeće zakone i pravilnike ostavljaju mogućnost raznim tumačenjima. Na primer, "opasna zona zračenja" sugerira granicu opasne i neke druge zone, verovatno manje opasne ili bezopasne zone, što opet može imati više tumačenja.

Razmatrajući ukratko ovaj citirani tekst tačke 8.14 i izrečeni kritički osvrt na njegovu nedefinisanost, čovek ostaje sa utiskom, a to se mora odmah reći, da su autori teksta sagledali problem i učinili određeni napor da taj problem nekako reše. To je problem dozvoljenog ozračivanja stanovništva uopšte, a posebno od radioaktivnih gromobrana i drugih izvora zračenja šire upotrebe, međjutim, taj problem daleko prevazilazi nivo jednog ovakvog pravilnika, jer je to problem koji se mora rešavati na nivou celoga društva.

Dakle, ovaj pravilnik nije mogao da precizira doze zračenja u okolini radioaktivnih gromobrana jer za to nije imao ni podloge ni potrebne procene, a ovo što je napisano u pravilniku, uprkos izrečene kritike, ukazuje na neophodnost da se problem ozračivanja stanovništva mora hitno rešavati.

Na ovaj problem ukazivano je već više puta, kao i na ostale probleme u vezi radioaktivnih gromobrana i ostalih izvora zrače-

nja šire upotrebe, što ukratko iznosimo u sledećem tekstu.

Neka dosadašnja sagledavanja
potrebe regulisanja zaštite
kod šire primene izvora zračenja

U do sada štampanim materijalima koji su izlagani na Simpozijumima i Savetovanjima Jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja, ili u posebnim publikacijama većeg broja autora koji rade u raznim oblastima zaštite od zračenja, bilo je dosta tema koje su obradljivale više značajnijih kategorija koje treba uspostaviti ili regulisati zbog šire primene izvora zračenja. Važno je odmah podvući da sagledavanja i predlozi imaju veliki stepen međusobne saglasnosti, a da koji put više potpuno nezavisno formiranih stavova zastupaju potpuno ista gledanja. Razlog ovoj situaciji jeste strogo profesionalan pristup i iskustvo stečeno dugogodišnjim i povezanim radom u domenima istraživanja, razvoja i prakse.

Na simpozijumu u Baškom Polju 1969 godine (4) ukazano je u vezi dopune Zakona o zaštiti od zračenja da objekat zaštite treba da bude celo stanovništvo a ne samo profesionalno zaposleno osoblje. Vrlo dobar rad na ovu temu pod naslovom "Kriterijumi, parametri i norme za ozračivanje stanovništva" (5) izložen je na Savetovanju o ozračivanju stanovništva u SFRJ, novembra 1972.god. u Sarajevu, dok problematiku ozračivanja od gromobrana obradjuje rad "Doprinos razmatranju problema ozračivanja stanovništva (kao celine) od radioaktivnih gromobrana" (6).

Na savetovanju u Sarajevu 1972., a na osnovu citiranog (5) i još dva zapažena referata (7,8), kao i diskusija, doneti su vrlo značajni zaključci od kojih citiramo sledeće:

" - Ozračivanje stanovništva Jugoslavije u poslednjoj deceniji raste brzim tempom. Na osnovu parcijalnih ispitivanja koja su vršena u Jugoslaviji, ovo ozračivanje je veće nego u nizu razvijenih zemalja u svetu.

Savetovanje je razmatralo i zakonodavnu regulativu i konstatovalo da postoji zastarelost odredjenih propisa te je potrebno iste što pre menjati i usaglasiti sa savremenim zahtevom zaštite i utvrditi jedinstvene norme za celu teritoriju zemlje."

O kontroli radioaktivnih gromobrana, o dozimetriji njihove okoline, kao i o akcidentima na ugrađenim gromobranima sa izvorima zračenja, kod nas postoje određena iskustva i predlozi za bolji postupak i bolju zaštitu, što je objavljeno na domaćim i međunarodnim simpozijumima ili u diplomatskim i registarskim radovima (9, 10, 11, 12, 13, 14). Bio bi veliki propust ne iskoristiti ova dragocena iskustva i podloge.

Na temu radioaktivnih gromobrana održano je i savetovanje decembra 1973 u prostorijama "Elind"-Valjevo na kome je zaključeno da se za doze ozračivanja od radioaktivnih izvora ugrađenih u gromobranksku instalaciju predlaže sledeće doze:

a) 25 $\mu\text{R/h}$, uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od radioaktivnog izvora zračenja, gde može dospeti ili boraviti okolno stanovništvo.

b) 50 $\mu\text{R/h}$, uključujući i prirodni fon, na najbližem mestu od izvora zračenja, gde se kreće ili boravi zaposleno osoblje sa punim radnim vremenom.

Posle ovoga predloga stoji kao tačka 7. zaključaka:

"Do donošenja konačne odluke od strane Društva od zaštite od zračenja SFRJ, o maksimalno dozvoljenim dozama od radioaktivnih izvora zračenja, preduzeća Elind, Valjevo i Slavijaelektro, Beograd se obavezuju da se u svemu pridržavaju ovih zaključaka."

Apostrofiranje jugoslovenskog društva za zaštitu od zračenja kao tela koje donosi konačnu odluku o maksimalno dozvoljenim dozama upućuje na predpostavku da učesnici savetovanja nisu mogli naći drugu adresu, ili ona ne postoji za ovako delikatnu odluku, pa se zbog toga obraćaju Društvu za odluku umesto za konsultaciju i predlog.

Iz dosadašnjeg izlaganja može se zaključiti da su radioaktivni gromobrani bili glavna preokupacija stručnjaka na planu šire primene izvora zračenja. Ovo je sasvim u redu obzirom da ih je u našoj zemlji instalirano nekoliko hiljada. Medjutim, opravdano fokusiranje pažnje na radioaktivne gromobrane ne sme da oslabi našu aktivnost na sagledavanju i drugih izvora zračenja šire upotrebe kao što su radioaktivni javljači požara, TV uređjaji u boji, radarska i druga elektromagnetska zračenja.

Potrebne pripreme u cilju uspostavljanja
nekih mera zaštite i sigurnosti
kod šire upotrebe izvora zračenja

Iz dosadašnjeg kratkog izlaganja, iz citiranih publikacija i drugih radova koji tretiraju ovu problematiku može se zaključiti da je neophodno i urgentno obaviti određene analize, studije i prikupljanje sopstvenih iskustava u cilju formiranja podloga i predloga za uspostavljanje Organa uprave ili Komiteta za poslove zaštite od zračenja na saveznom i/ili republičkim nivoima, a takodje dogovornog rizika o ozračivanju stanovništva. Paralelno sa ovom akcijom potrebno je pripremiti materijale koji bi za izvore zračenja šire upotrebe obrazložili i dali sadržaj dokumenata koje za sada možemo uslovno nazvati Izveštaj o uticaju na okolinu i izveštaj o sigurnosti.

Kratak opis i namena, pomenutog Komiteta, rizika ozračivanja stanovništva i citiranih izveštaja može se rezimirati na sledeći način:

Organ za poslove zaštite od zračenja. O potrebi ovoga organa ili komiteta ukazuju zaključci Savetovanja u Sarajevu (15), a o razlozima za njegovo formiranje, o njegovoj funkciji i poslovima izloženo je nešto opširnije na VII Jugoslovenskom simpozijumu o zaštiti od zračenja (16), a delom i u referatu o nuklearnoj regulativi saopštenom na nedavnom savetovanju o nuklearnoj energiji u Jugoslaviji (17).

Jedan od važnih poslova ovoga Organa bio bi pokretanje, uspostavljanje i ostale određene delatnosti u vezi dogovornog rizika ozračivanja stanovništva, i pojedinih grupa stanovništava, a takodje i udeo pojedinih izvora zračenja u ukupnom riziku, računajući i rizik ozračivanja od šire upotrebe izvora zračenja.

Izveštaj o uticaju na okolinu i Izveštaj o sigurnosti bili bi takodje u nadležnosti ovoga organa.

Važna funkcija ovoga organa je organizovano informisanje javnosti, a takodje društvenih i drugih organizacija i organa uprave.

Rizik ozračivanja stanovništva. Teorijska razmatranja rizika, kriterijuma, parametara i normi za ozračivanje stanovništva, a takodje i razmatranje problema ozračivanja stanovništva od radioaktivnih gromobrana obradjeni su vrlo solidno u referatima (5,6) izloženim na pomenutim savetovanjima u Sarajevu i Valjevu.

Ovde želimo da podvučemo da naša zemlja mora uspostaviti dogovorni rizik ozračivanja stanovništva kao celine, a takodje i udele pojedinih izvora zračenja u ukupnom riziku, to jest mora se voditi politika u ovom domenu. Bez osnovnog podatka o prihvatljivom riziku koji je stvar dogovora i politike zemlje, bićemo prinudjeni da prihvatamo strane stavove koji ne moraju uvek biti saglasni sa našim interesima.

U vezi nivoa na kome se odlučuje o prihvatljivom riziku kao i o sastavu tela ili grupe koja ovo pripremom predlaže, važno je podvući da je rizik ozračivanja stanovništva vrlo kompleksna kategorija na koju određene uticaje imaju zdravstveni, ekonomski, politički i drugi faktori.

Osnovne naučno-stručne i tehničke podatke i preporuke (18) o riziku ozračivanja daje Medjunarodna komisija za zaštitu od zračenja (ICRP - International Commission on Radiological Protection) i sve zemlje u svetu izvode svoje nacionalne standarde i norme iz ovih preporuka. Ova komisija (19) je ujedno nezavisno telo koje sačinjavaju 13 medjunarodno priznatih eksperata iz različitih zemalja i različitih profesija - genetike, biologija, radiobiologija, medicina, hemija, fizika, inženjerstvo, matematika itd.

Preporuke ove komisije su samo preporuke i nemaju nikakvu snagu zakona, jer, pored ostalog, mnogi faktori koji su od uticaja na evoluciju odnosa rizik-korist, od pojedinih izvora zračenja, mogu znatno varirati od zemlje do zemlje. Iz toga razloga mnoge zemlje formiraju nacionalna tela sastavljena od stručnjaka vrlo različitih profesija tako da se preporuke mogu korigovati i usaglasiti sa ekonomskim, društvenim i drugim aspektima značajnim za politiku zemlje.

Primeru radi navodimo da jedna zemlja koja gradi veliki broj nuklearnih elektrana zbog energetske potrebe teško će dozvoljavati širu primenu izvora zračenja koji će imati znatniji uticaj na rizik ozračivanja stanovništva, dok zemlja koja nema širi nuklear-

ni program lakše će dozvoljavati širu primenu izvora zračenja. U slučaju kada su jednoj zemlji potrebne nuklearne elektrane i šira primena izvora zračenja, onda se mora naći i sredstva zaštite koja će omogućiti smanjenje doza i obezbediti da se ostane u okviru dogovorenog rizika ozračivanja.

Izveštaj o uticaju na okolinu. Ovaj izveštaj uveden je za nuklearne elektrane i predstavlja jednu od kategorija koja je doprinela da se nuklearna tehnologija ceni danas kao najčistija tehnologija. Čini se da nije daleko do vremena kada će društvo morati da traži ovakve izveštaje za sve delatnosti kako bi se moglo sigurnije izjašnjavati o njihovoj dozvoli ili zabrani.

Za izveštaj o uticaju na okolinu raznih izvora zračenja šire upotrebe potrebno je pripremiti obrazložene namene, a saglasno nameni dati sadržaj dokumenta i postupak njegovog formiranja i ocene.

Izveštaj o uticaju na okolinu radioaktivnih gromobrana ili radioaktivnih javljača požara, može da ima više namena. Na primer, da se na osnovu njega ishoduje dozvola za postavke na određeni objekat ali da se sagleda i zajednički uticaj svih gromobrana, to jest onoga broja koji se predpostavlja da će biti postavljen u određenom vremenu za 10 ili 20 godina, proceni dimenzija ovoga uticaja i uporedi sa rizikom koje je društvo odredilo za ovu upotrebu izvora zračenja.

Izveštaj o sigurnosti. I ovaj izveštaj uveden je za potrebe nuklearnih elektrana i za njega se može očekivati da će biti obavezan za mnoge uređjaje za koje se zbog mogućeg uticaja na okolinu u slučaju raznih akcidenata traži da imaju veći stepen sigurnosti, a takodje dodatne uređjaje i postupke za smanjenje kosekvenci po okolinu u slučaju akcidenata. Kada se tiče radioaktivnih gromobrana i javljača požara, ovakav izveštaj treba da prethodi postavljanju uopšte, i to za čitavu seriju ili tip uređjaja. Dodatni izveštaj pri postavljanju mogao bi se praviti samo u posebnim slučajevima jer dosadašnja praksa sadrži dosta elemenata ovoga izveštaja. Iz dosadašnje prakse, radova u toku (20) i ostalih koji će se javiti ili poručiti na ovu temu, mora se sačiniti solidni, dobro analizirani i obrazloženi predlozi za institucije i dokumenta koji će obezbediti stručno sprovođenje određene politike zaštite od zra-

čenja. Bez ovakvog rada, zashovanog na savremenim znanjima nauke i tehnike, odobravaće se ili zabranjivati odredjene delatnosti samo na osnovu utisaka što bi značilo propust za sredinu koja poseduje kadrovske potencijale osposobljene za formiranje potrebnih stručnih podloga i kriterijuma.

Literatura

1. Osnovni zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, Sl.list SFRJ, 12/65
2. Pravilnik o tehničkim propisima o gromobranima, Sl.list SFRJ 13/1968
3. Pravilnik o dozvoljenim dozama jonizujućih zračenja kojima mogu biti izložena lica koja rade sa izvorima tih zračenja, Sl.list SFRJ 31/65
4. Bojović P., Mitrović S., Veljković T.,
Jedan predlog postupka za analizu, korekciju i dopunu osnovnog zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja, radovi IV jug.simpozijuma o zaštiti, maj 1969
5. P.Marković, M.Ninković
Kriterijumi, parametri i norme za ozračivanje stanovništva, radovi Savetovanja o ozračivanju stanovništva u SFRJ, novembar 1972., Sarajevo.
6. P.Marković, M.Ninković, Dj.Ristić
Doprinos razmatranju problema ozračivanju stanovništva (kao celine) od radioaktivnih gromobrana, IBK publikacija br.1225, Beograd 1973.
7. R.Radosavljević
Životna sredina i radioaktivna kontaminacija stanovništva, radovi Savetovanja o ozračivanju stanovništva u SFRJ, novembar 1972., Sarajevo.
8. Z.Djukić
Izloženost stanovništva medicinskim izvorima zračenja, radovi Savetovanja o ozračivanju stanovništva u SFRJ, novembar 1972. Sarajevo
9. P.Marković, Dj.Ristić, M.Ninković, S.Vuković
Dozimetrija zračenja u okolini jednog gromobrana sa radioaktiv-

nim izvorom emiterom gama zračenja. Zbornik radova XII Medjunarodna konferencija o gromobranima, Portorož, oktobar 1973.

10. Dj.Ristić, S.Gnjatović
O dosadašnjim akcidentima sa gromobranima u kojima su ugrađeni izvori jonizujućih zračenja, radovi VII jug.simpozijum o zaštiti od zračenja, oktobar 1973., Kaštel Stari
11. Dj.Ristić, S.Gnjatović
Kontrola gromobrana sa ugrađenim izvorima jonizujućih zračenja-radioaktivnih gromobrana, radovi VII jug.simpozijum o zaštiti od zračenja, oktobar 1973, Kaštel Stari
12. P.Marković, Lj.Vasiljević, Dj.Ristić, M.Ninković
Radioactive lightning rods in nonresidential areas as sources of the population external irradiation; First Asian regional congress on radiation protection, Bombaj, decembar 1974.
13. S.Gnjatović
Zaštita od zračenja kod proizvodnje, transporta, ugradnje i korišćenja Co-60 koji se ugrađuje u radioaktivne gromobrane, diplomski rad, Viša tehnička škola za sigurnost na radu pri Radničkom sveučilištu "Moša Pijade", Zagreb, 1972.
14. Lj.Vasiljević
Regionalna ozračenost stanovništva spoljašnjim izvorima zračenja, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1974.god.
15. Zaključci sa savetovanja
Materijali Savetovanja o ozračivanju stanovništva u SFRJ, novembar 1972., Sarajevo, izdaje Jug.društvo za zaštitu od zračenja, 1973.
16. P.Bojović, M.Vidmar
Prilog razmatranju potreba i sadržaja rada jednog koordinacionog tela ili organa uprave zaduženog za poslove zaštite od zračenja Radovi VII Jug.simpozijuma o zaštiti od zračenja, Kaštel Stari, 1973.g.
17. P.Bojović, S.Rodić
Nuklearna regulativa i izgradnja nuklearnih elektrana, Zbornik radova II Savetovanja, Razvoj nuklearnih elektrana u elektrop-rivredi Jugoslavije, aprila 1976, Dubrovnik.
18. Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series N^o9, IAEA, Beč, 1967.

19. Nuclear Power and the Environment, IAEA, Beč, 1973.

20. S.Mitrović

Neki tehnički, pravni i organizacioni aspekti javne sigurnosti radioaktivnih izvora u širokoj upotrebi,* u pripremi za štampu.

RADIOAKTIVNI GROMOBRANI U NASELJENIM I
NENASELJENIM MESTIMA KAO IZVORI SPOLJAŠNJEG OZRAČIVANJA
STANOVNIŠTVA

F.Marković*, Dj.Ristić*, Lj.Vasiljević⁺⁺,
M.Ninković*

*Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" - Vinča,
⁺⁺Mašinski fakultet, Kragujevac

1. Uvod

Da bi bila izvršena ma kakva procena o prihvatljivosti i dozvoljivosti korišćenja nekog izvora zračenja, potrebno je poznavanje doze, ili izlaganja, za stanovništvo i pojedince, kao osnovnih veličina u procenama rizik/korist i cena/korist. Normalno takvu jednu procenu trebalo bi izvršiti pre nego što izvor zračenja udje u upotrebu što, kada se radi o radioaktivnim gromobranima (RAG), nije slučaj. S tim u vezi u Laboratoriji za zaštitu od zračenja Instituta "Boris Kidrič" u Vinči u toku su merenja koja treba da omogućе procenu izlaganja stanovništva SR Srbije za već postavljene radioaktivne gromobrane. U ovom radu iznećemo preliminarne rezultate početnih merenja.

U nastojanju da izvršimo ma kakvu procenu nivoa izlaganja stanovništva zračenju koje potiče od izvora ugradjenih u radioaktivne gromobrane razlikovaćemo, i odvojeno posmatrati, naseljena i nenaseljena mesta.

2. Radioaktivni gromobrani u nenaseljenom mestu

Mesto izabrano za ovu studiju je Kragujevac. Radioaktivni gromobrani su, sa malim izuzetkom, postavljeni u krugu Zavoda "Crvena Zastava"-Kragujevac. U vreme merenja bilo je postavljeno oko 25 RAG-a, proizvodnje "Elind"-Valjevo. Kao radioaktivni izvor ugradjen u gromobran korišćen je Co^{60} . Prostorna raspodela radioaktivnih gromobrana je takva da je zgodno celu oblast gde se nalaze gromobrani podeliti u četiri zone, koje ćemo ovde označiti kao zone 1 do 4.

Izvršena su merenja i procena lokalnog fonda zračenja sa ciljem da bi uporedili izlaganje od fona sa izlaganjem uslovljenim prisustvom RAG-a. Nadjeno je da fon srednje uzev, unutar zgrada iznosi oko 10 $\mu\text{R/h}$, a van na otvorenom prostoru oko 7 $\mu\text{R/h}$.

Rezultati veoma obimnih merenja detaljno su obradjeni i prikazani u referenci(1). Ovde, u tabeli 1, dajemo samo njihov zbirni pregled. Iz tabele se vidi da su stvarne jačine izlaganja, izražene u $\mu\text{R/h}$, za ljude koji rade u ovim zonama prilično male, skoro reda veličine lokalnih fluktuacija fona.

Kako se ovi rezultati uspoređuju sa granicama izlaganja diskutovanim u referenci (2). Iz trećeg reda priložene tabele može da se vidi da je procenjeno srednje godišnje izlaganje u zonama 1,2 i 3 manje od 4 milirendgena. U sva tri slučaja to je daleko manje od 20 milirendgena po godini, vrednosti koja je uzeta kao prihvatljiva granica. U zoni 4 ista veličina je oko 6 milirendgena. Za nekoliko lica iz posmatrane grupe izlaganje je bilo nešto veće, približno oko 20 mR/godini, ali niže od 100 mR/godini, što bi se moglo smatrati prihvatljivim za pojedince iz stanovništva. U četvrtom redu iste tabele dat je odnos, izražen u procentima, između izlaganja uslovljenog prisustvom RAG-a i izlaganja od fona. Može se videti da je taj odnos manji od 8%, sa izuzetkom već naznačene manje grupe ljudi, gde taj odnos ide i do 30%.

Danas je u svetu ustaljeno stanovište da je jedan dobar način da se proceni rizik povezan sa različitim izvorima zračenja, uključujući i naše RAG-ove, da se primeni koncept da je ukupan rizik proporcionalan ukupnom broju ljudi-remu. Broj ljudi-remu povezan sa posmatranim izvorom zračenja se dobija sabiranjem doza svih pojedinaца da bi se dobila zbirna doza koju primi celo izloženo stanovništvo. Koristeći rezultate iz tabele 1 može se naći da je zbirno izlaganje u posmatrane četiri zone oko 60 milirendgen-ljudi po godini. Može se postaviti da li je ovo mnogo, prihvatljivo ili tako malo da o tome nemoramo ni da vodimo računa. U svakom slučaju izlaganje je nisko, ali ne tako nisko da o tome ne bi trebalo voditi računa. Da li su ovi nivoi i prihvatljivi odgovor na to pitanje može da da već pomenuta analiza rizik/korist i cena/korist. Ipak, moglo bi se reći da u vezi ozračivanja ljudi ne postoji neki ozbiljniji problem za dalje korišćenje ovih gromobrana u nenaseljenim mestima.

3. Radioaktivni gromobrani u naseljenim mestima

Postavljanje radioaktivnih gromobrana u naseljenim mestima stvara nekoliko problema od kojih ozračivanje stanovništva svih uzrasta predstavlja najvažniji. Pri tome treba imati u vidu da od ukupnog broja radioaktivnih gromobrana danas postavljenih u Jugoslaviji oko 30% su postavljeni u naseljenim mestima.

Za merenja izlaganja od RAG-a u naseljenim mestima izabrani su Priboj na Limu i naselje Kotež-Neimar, Beograd.

3.1. Priboj na Limu

U Priboju na Limu, u novom delu grada, postavljeni su gromobrani sa izvorom $Eu^{152-154}$, proizvodnje Slavijaelektro, Beograd, aktivnosti oko 400 mCi. Manje više svi gromobrani su postavljeni unutar jednog celovitog naselja, tako da obrazuju neku vrstu gromobranskog polja. Svi gromobrani su postavljeni na krovove stambenih zgrada, izuzev dva koji su postavljeni na stubove $h=20$ m, na fudbalskom stadionu koji je tako postavljen da se može smatrati sastavnim delom posmatranog naselja.

Pre nego što su gromobrani postavljeni, izvršeno je detaljno merenje fona u svim tačkama u kojima su kasnije odredjivane vrednosti jačina izlaganja koja potiču od RAG-a. Ovakvo detaljno predhodno merenje lokalnog fona zračenja je od bitne važnosti za pouzdane procene izlaganja od RAG-a, jer lokalne fluktuacije fona mogu da budu znatne, i do nekoliko $\mu R/h$. Tako, na primer, nadjeno je da za posmatranu lokaciju srednja vrednost jačine izlaganja od fona unutar stambenih zgrada iznosi oko $11,5 \mu R/h$, a van na otvorenom polju $6-8 \mu R/h$.

Vrednosti jačina izlaganja, X , izazvanih prisustvom radioaktivnih gromobrana date su u tabeli 2. Ove vrednosti su dobijene na taj način što su od izmerene vrednosti jačine izlaganja, \bar{X}_m , za datu tačku, odbijane vrednosti izlaganja od fona, X_f , za tu istu tačku. Naravno, podrazumeva se samo po sebi da su izabrane merne tačke najkritičnije tačke u naselju sa gledišta izloženosti ljudi zračenju.

Rezultate u tabeli 2, kao i u ostalim narednim tabelama, treba shvatiti kao ulazne podatke za još neizvršene analize. No, i pored toga mogu se iz njih izvući neki korisni zaključci. Prvo može se

zaključiti da je jačina izlaganja od RAG-a, u ovom posmatranom slučaju, unutar najizloženijim prostorija za stanovanje srednje uzevanja od $3 \mu\text{R/h}$, što je reda veličine lokalne fluktuacije izlaganja od fona. Jačina izlaganja u najugroženijim tačkama u otvorenom prostoru gde se ljudi normalno, bave i žive u toku cele godine je ispod $7-8 \mu\text{R/h}$. Posebno treba razmotriti ravne krovove zgrada, što je slučaj sa svim zgrađama u ovom naselju. To stoga što se ljudi normalno mogu zadržavati na ovim krivovima (igranje dece, sunčanje u letnjim danima itd.). Nađeno je da od jačine izlaganja na takvim krivovima u ovom posmatranom slučaju iznosile $20-30 \mu\text{R/h}$, pa i više. Kao uteha može da posluži činjenica da je malo verovatno da će pojedinac provesti više od $50-60$ časova godišnje na takvom jednom krovu, što ne bi dalo dozu veću od 2 milirema godišnje.

3.2. Naselje Kotež-Neimar, Beograd

U ovom naselju, lociranom na levoj obali Dunava i tipičnom ravničarskom naselju, postavljeni su gromobrani kako sa Co^{60} tako i $\text{Lu}^{152-154}$ na takav način da čine, slično kao i u predhodnom slučaju polje gromobrana. Aktivnost izvora u trenutku postavljanja bile su 200 mCi za Co^{60} i $200-400 \text{ mCi}$ za $\text{Lu}^{152-154}$ izvore. Merenja su izvršena za samo tri RAG-a ali su oni reprezentativni i za ostale RAG-ove postavljene u ovom naselju.

Rezultati merenja dati su u tabeli 3, gde su date vrednosti jačina izlaganja koja potiču od zračenja emitovanog izvorima ugrađenim u gromobrane. Ove vrednosti dobijene su kada su od izmerenih vrednosti u pojedinim tačkama odbijene vrednosti izlaganja od fona. Kako izlaganja od fona nije mereno pre postavljanja gromobrana, to je izvršena samo njegova procena. Nađeno je da je srednji fon unutar zgrada $11,5 \mu\text{R/h}$, a van na otvorenom prostoru $10 \mu\text{R/h}$.

Iz tabele 3 se vidi da su jačine izlaganja u izabranim tačkama, koje se nalaze na mestima gde ljudi normalno žive i kreću se, dosta velike. Ovo je uslovljeno između ostalog i time što su gromobrani u priličnoj meri neadekvatno postavljeni. No, u svakom slučaju treba reći da radioaktivni gromobrani ne bi mogli da se postavljaju u naseljenim mestima sa jačinama doza kao u ovom konkretnom slučaju.

Zaključak

U radu su dati rezultati merenja jačina izlaganja od radioaktivnih gromobrana u izabranim naseljenim i nenaseljenim mestima. Za slučaj nenaseljenog mesta, zavoda "Crvena Zastava" Kragujevac, izvršena je analiza izloženosti ljudi i došlo se do zaključka da sa gledišta izlaganja zračenju moguće je postavljanje ovih gromobrana u nenaseljenim mestima, pod uslovima koji bi bili isti ili približni onima koji postoje u ovom posmatranom nenaseljenom mestu. Treba ovde reći da postoji mogućnost priličnog smanjenja nivoa izlaganja adekvatnijim postavljanjem gromobrana (izbor mesta, visina stuba itd.).

Što se tiče naseljenih mesta, ovde su dati samo preliminarni rezultati merenja jačine izlaganja, koji i kao takvi ukazuju na to da bi postavljanje radioaktivnih gromobrana u naseljenim mestima trebalo znatno ograničiti. Ukoliko bi se išlo i dalje sa postavljanjem ovih gromobrana u naseljena mesta, nužno je precizno propisati uslove postavljanja i postupak njihovog postavljanja.

Svakako, da konačnu odluku o upotrebi ovih izvora zračenja treba doneti posle završenih analiza rizik/korist i cena/korist.

Literatura

1. Lj.Vasiljević, Regionalna ozračenost stanovništva spoljašnjim izvorima zračenja, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, januar 1974.
2. P.Marković, Doprinos razmatranju problema ozračivanja stanovništva od nekih izvora zračenja korišćenih u masovnoj upotrebi ovo savetovanje.
3. P.Marković, Lj.Vasiljević, Dj.Ristić, Radioactive Lightning Rods in Nonresidential Areas as sources of the Population External Irradiation, First Asian Regional Congress on Radiation Protection, Bombay, India, December 15-20, 1976.

TABELA 1. Zbirni pregled rezultata za nenaseljena mesta

Broj zone	1		2		3		4	
Broj ljudi koji rade u posmatranoj zoni	1.373	3	10.780	20	9.068	10	1.545	10
Srednja dnevna izloženost usled zračenja od RAG-a (μ R/dan)	4	32	9	80	4	85	21	59
Odnos izloženosti od RAG-a i fona (%)	2	12	3,5	30	1,5	33	8	22
Srednja godišnja izloženost (mR/godini)	1	7	2,5	23	1	25	6	15

TABELA 2. Vrednosti jačina izlaganja, X, izazvanog prisustvom radioaktivnog gromobrana u novom naselju u Friboju na Limu

Lokacija gromobrana	Broj merne tačke	Jačina izlaganja u $\mu R/h$	P r i m e d b a
Gromobrani br.1 i 2. postavljeni na krajevima fudbalskog stadiona	1	5	tačke 1,2 i 3 gledalište stadiona
	2	6	
	3	4	tačka 4 blizu stuba
	4	11	
	5	2	tačke 5 i 6 hodnik i terasa u najbližoj zgradi
	6	5	
	7	5	tačke 9 i 10 u najizloženijem stanu iste zgrade
	8	6	
	9	3	
	10	2	
Gromobran br.3. postavljen na krovu zgrade	11	8	tačka 11 ispred ulaza u zgradu gde je postavljen RAG.
	12	7	
	13	0	tačka 12-podkrovlje ispod gromobrana
	14	2	
	15	1	
			tačke 13,14 i 15 su u najugroženijem stanu i ispred stana zgrade gde je RAG postavljen.
RAG br.4. postavljen na krovu stambene zgrade	16	4	tačke 16 i 17 otvoren prostor, manje više parking
	17	6	
	18	6	tačka 18-školsko dvorište i igralište
	19	6	
	20	2	tačka 19-ispred zgrade gde je gromobran postavljen
	21	2	
22	1	tačke 20,21 i 22-stambene i pomoćne prostorije u zgradi gde je postavljen gromobran.	

TABELA 2.

1	2	3	4
RAG br.5.	23	6	tačka 23 ispred ulaza u
postavljen na	24	2	zgradu preko puta
krovu stambene	25	7	tačke 24,26 i 28 unutar
zgrade	26	4	najugroženijih stanova
	27	5	
	28	3	tačka 25 i 27 na naspram- nim terasama
RAG br.6.	29	25	tačka 29 na samom krovu
na krovu	30	3	gde je RAG postavljen
stambene	31	1	tačke 30 i 31 na stepe- ništu ispod krova
zgrade			

TABELA 3. Vrednosti jačina izlaganja, X, u blizini nekoliko gromobrana postavljenih u naselju Kotež-Neimar, Beograd

Rastojanje od podnožja RAG-a (m)	Broj merne tačke	Jačina izlaganja, X ($\mu\text{K/h}$)	P r i m e d b e
1	1	15	RAG-1; postavljeni na stubu h=17 m, u sredini dečjeg igrališta. Okolo u krug stambene zgrade, radioaktivni izvor $\text{Eu}^{152-154}$ Tačke 1-9 otvoren prostor oko stuba. Tačka 7 na betonskoj stazi. Tačka 8 na travi Tačka 10, terasa stana u okolini. Tačka 11 u sobi. Gromobran se vidi kroz prozor. Tačka 12 terasa najbližeg stana. Tačka 13 soba stana iz tačke 12.
4	2	18	
6	3	16	
8	4	14	
10	5	13	
15	6	12	
25	7	10	
25	8	12	
45	9	5	
-	10	8	
-	11	3	
-	12	12	
-	13	5	
4	14	20	RAG-2, postavljen na stubu pod uslovima identičnim sa RAG-1. Tačke 14 i 15 otvoren prostor Tačka 16 terasa najbližeg stana Tačka 17 soba istog stana iza zida Tačka 18 ista soba u 17, gromobran se vidi kroz prozor.
10	15	16	
-	16	11	
-	17	1	
-	18	6	

TABELA 3.

1	2	3	4
20	19	13	RAG-3, postavljen na
-	20	10	krovu stambene zgrade
-	21	6	radioaktivni izvor Co ⁶⁰
-	22	12	Tačka 19 dečje igrališ-
-	23	37	te
-	24	2	Tačka 20 terasa obliž-
			nje zgrade, RAG se vidi
			Tačke 21 i 22 kuhinja
			i spavaća soba stana
			neposredno ispod RAG-a
			Tačka 23 hodnik nepos-
			redno ispod RAG-a
			Tačka 24 stan za jedan
			sprat ispod RAG-a.

NEKI MEDICINSKI ASPEKTI JAVNE UPOTREBE
IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

Dr Zoran Djukić

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

U našim uslovima, bar za izvesno vreme još, ne bi se moglo govoriti o masovnoj upotrebi izvora jonizujućih zračenja u pravom značenju reči "masovna". Iz prostog razloga što ova upotreba još uvek nema takav obim koji bi opravdavao atribut masovnog. Masovna upotreba izvora jonizujućih zračenja podrazumeva i masovnu ekspoziciju stanovništva, pa samim tim i masovni, opšti rizik za celokupno stanovništvo, znači za svakog pojedinca bez razlike. Medjutim, kada je reč o ekspoziciji ove vrste, rizik od štetnih radijacionih efekata je drugačiji nego što je na primer rizik vezan za neke druge, danas sve brojnije, po zdravlje i život štetne i opasne činioce. Može se reći da je on manji, što proističe iz same činjenice da su ovi poslednji prisutni na čitavoj teritoriji određene zemlje, dakle u svim delovima date životne sredine. Tako je celokupno stanovništvo date teritorije bez razlike, suočeno sa određenim rizikom i izloženo mogućim štetnim efektima. Jedan od najkarakterističnijih primera za to su pesticidi. No i u slučaju jonizujućeg zračenja može se naći primera masovne ekspozicije i rizika : ekspozicija izvorima zračenja prirodnog porekla, "fall-out"-na ekspozicija, pa i pojedini vidovi medicinske primene izvora jonizujućih zračenja (masovni rentgenski pregledi). Za razliku od profesionalne ekspozicije i profesionalnog rizika, navedeni primeri spadaju u kategoriju javne ekspozicije i javnog rizika. S obzirom da danas postoji veći broj izvora jonizujućih zračenja, koji se ne mogu ubrojiti u ove ili druge kategorije, ali mogu pretstavljati izvor ekspozicije i rizika za stanovništvo, neka nam bude dozvoljeno da govorimo o javnoj upotrebi ili javnom korišćenju izvora zračenja, što bi, po našem

mišljenju bilo prikladnije, bar za sada. Za ove izvore jonizujućih zračenja Naučni komitet OUN za izučavanje efekata jonizujućih zračenja navodi sledeće: "Postoji veliki broj vrlo različitih izvora jonizujućih zračenja kojima stanovništvo uopšte može biti izloženo." Iz istog izvora potiče i njihova podela u dve kategorije. U prvoj su oni izvori, koji namenjeni korisnicima u industriji, medicini, u istraživanjima i za vojne svrhe, mogu pri saobraćajnom udesu tokom transporta, gubljenjem ili kradjom ili pak nestručnim rukovanjem da izmaknu ispod nadzora službe zaštite i da dospeju u pogrešne ruke ili da kontaminiraju sredinu. U drugu bi kategoriju došli različiti proizvodi, koji sadrže prirodne ili veštačke radioelemente po pravilu u obliku zatvorenih izvora, a koje stanovništvo može nabaviti kao i svaku drugu robu. Stoga Naučni komitet OUN izvore ove vrste i naziva "artiklima potrošnje". Izvori prve kategorije nisu, u normalnim uslovima dostupni stanovništvu, za razliku od ovih iz druge, koje možemo naći u raznim predmetima svakodnevne upotrebe. Spektar ovih proizvoda je dosta širok i kreće se od svetlećih brojčanika na časovnicima, pa do "radioskopa" za probu obuće. Sem ovih, postoje danas, kao rezultat napretka nuklearne medicine i tehnike i živi izvori zračenja medju stanovništvom: pacijenti sa, u dijagnostičke ili terapijske svrhe apliciranim radioaktivnim izotopima u organizmu ili pacijenti nosioci kardioloških izotopnih baterija. No, iako je lista svih ovih izvora dosta duga, ipak, u našoj zemlji se još uvek nisu stekli svi uslovi koji bi govorili o njihovoj masovnosti.

Očigledno je, medjutim to da je korišćenje izvora jonizujućih zračenja u permanentnom porastu i da se čovek danas ne može odreći koristi, koju ta zračenja u raznim njegovim delatnostima pružaju. Ali, isto je tako očigledno i to da sa ovim porastom korisnika raste i broj eksponiranih jedinki i to ne više samo na profesionalnom planu, već i medju stanovništvom. Budući da se štetni radijacioni efekat po čoveka može manifestovati direktno kod izloženog pojedinca ili kod njegovog potomstva, dakle somatski i genetski, to je osnovni imperativ pri svakom korišćenju izvora jonizujućih zračenja: obezbediti optimalne radijaciono-higijenske uslove tj. ne dozvoliti da izlaganje predje dozvoljene granice kako za pojednca tako i za populaciju u celini. Znači obezbediti takve uslove, koji će rizik nastajanja i somatskih i genetskih radijacionih efekata svesti na minimum.

Jonizujuće zračenje je danas prisutno i u savremenoj medicinskoj nauci i mnogim njenim granama i to s jedne strane kao izvrsno dijagnostičko, terapijsko i pomoćno sredstvo i, s druge strane kao faktor ugrožavanja ljudskog zdravlja. Nas ovde interesuje ova druga uloga zračenja, koja je uslovila nastajanje i razvoj nekih novih medicinskih disciplina kao što su: radijaciona higijena, radiotoksikologija, radijaciona patologija i t.d.

Izučavajući radijacione lezije čovek je tokom proteklih decenija sakupio dovoljno podataka o štetnosti zračenja. Povezujući te podatke sa onima vezanim za fizičke karakteristike zračenja omogućio je današnji jedini moguć pristup problemu upotrebe i korišćenja jonizujućih zračenja uspostavljanjem odnosa doza-efekat. Sa medicinske tačke gledišta odnos štetnog agensa s jedne i reakcija organizma s druge strane pretstavljaju polaznu vrednost u svakoj proceni individualne i kolektivne ugroženosti, postavljanju epidemiološke dijagnoze, preduzimanju mera zaštite i lečenja.

Vrlo bogato iskustvo stečeno do danas na polju profesionalne radijacione higijene tj. zaštite profesionalno eksponiranih lica daje solidnu osnovicu za zaštitu stanovništva.

Rizik, koji više nije profesionalni već javni, uslovljen je sve većim prisustvom izvora jonizujućih zračenja u javnom životu. Karakteristike tog rizika su ne samo individualne već i kolektivne, somatske i genetske, akutne i hronične. No, bez obzira što taj rizik poprima druge dimenzije u odnosu na profesionalni rizik, pristup rešavanju problema zaštite zdravlja stanovništva treba, po našem mišljenju da bude zasnovan na brojnim iskustvima i zadovoljavajućim rezultatima postignutim na području zaštite profesionalno eksponiranih lica.

Polazeći od tih iskustava i rezultata savremena medicinska nauka i medicinska služba dobijaju mogućnost vrlo solidnog izučavanja efekata jonizujućih zračenja na stanovništvo s jedne, i postavljanje i sprovođenje adekvatnih mera zaštite s druge strane.

S obzirom da izvori jonizujućih zračenja u javnoj upotrebi pretstavljaju, kao uostalom i u profesionalnom domenu, faktore rizika, koji ozračivanjem odnosno kontaminacijom mogu ugroziti zdravlje i život stanovništva, to je neophodno definisati i zadatke medicinske nauke i medicinske službe sa jedinstvenim ciljem : obezbedjenje optimalnih uslova radijacione bezbed-

nosti celokupnog stanovništva. Pri ovome treba voditi računa o tome da je zaštita od zračenja široka interdisciplinarna oblast, koja zahteva angažovanje eksperata različitih profila, pa bi prisvajanje ukupne problematike od bilo koje discipline ili eksperta bilo vrlo opasno. No, sigurno je da svaka od tih disciplina ima i svoje mesto i svoju ulogu, što sve zajedno vodi jedinstvenom cilju.

Budući da je ovde reč o medicinskim aspektima problema, opravdano je da je i pristup medicinski.

Radijaciona higijena, u ovom slučaju javna, za razliku od profesionalne, treba i mora da ima adekvatan uvid u sve postojeće vrste i količine izvora jonizujućih zračenja u javnoj upotrebi. To je osnov za izučavanja i procenu njihovog uticaja na zdravlje stanovništva i davanje polaznih podataka za preduzimanje svih normativno-zakonodavnih i organizacionih mera zaštite. Od posebnog značaja je i izučavanje masovnih obolenja, kojase mogu dovesti u vezu sa zračenjem kao etiološkim faktorom, ali koja, zbog prisustva i drugih štetnih faktora u životnoj sredini danas mogu biti i druge etiologije. Zadatak, ni u kom slučaju nije lak, pogotovu kada se radi o genetskim rizicima. Na taj način radijaciona patologija dobija svoj značaj i na javnom planu. Mogućnosti nastajanja akcidenata sa manjim ili većim posledicama zahteva i predviđanje i preduzimanje vrlo odredjenih mera za njihovu prevenciju i sprečavanje i otklanjanje njihovih posledica. Uslov za to je adekvatno organizovana, opremljena i za dejstvo spremna služba. Pored toga, neophodna je i što bolja i šira informisanost stanovništva o izvorima zračenja u javnosti, kako bi se predupredili svi mogući neželjeni efekti na psihološkom, socijalnom, a posebno sudsko-medicinskom planu. Nevedimo samo to, da su do sada sa izvorima zračenja zabeleženi slučajevi samoubistva (na profesionalnom planu), ali takodje i slučajevi izlaganja pojedinaca iz redova stanovništva, čak i sa smrtnim ishodom, naravno, bar za sada, bez predumišljaja. Svi ovi momenti govore i o potrebi permanentnog obrazovanja medicinskih stručnjaka i van radijacione medicine, koji moraju raspolagati minimumom znanja iz ove materije.

Kao što je napred rečeno, kod nas se još nisu stekli svi uslovi, koji bi opravdavali termin "masovne upotrebe izvora jonizujućih zračenja", ali to ni u kom slučaju ne znači

da do toga u doglednom periodu neće doći. Stoga se pred sve faktore postavljaju određeni zadaci u kojima i medicinska nauka i medicinska služba imaju svoju značajnu ulogu u zaštiti stanovništva od izvora zračenja u javnoj upotrebi. Da bi se somatski i genetski rizici sveli na minimum neophodno je što spremnije dočekati period "masovne" upotrebe izvora jonizujućih zračenja. Da bi se to postiglo potrebno je planski i sistematski raditi na obezbedjenju sledećih uslova :

- sprečiti svaku nekontrolisanu izradu, distribuciju i stavljanje u promet izvora jonizujućih zračenja u javnoj upotrebi,
- uspostaviti i organizovati adekvatnu kontrolu i evidenciju,
- organizovati i usavršavati stručnjake u oblasti zaštite od zračenja, kao i stručnjake iz drugih disciplina, koji po prirodi svoga posla dolaze u kontakt sa ovom problematikom,
- informisati javnost i što adekvatnije upoznati stanovništvo sa korisnim svojstvima zračenja, ali i sa realnim rizicima,
- permanentno raditi na izučavanju procena rizika po stanovništvo kao i na izučavanju zračenja kao etiološkog faktora nastajanja određenih patoloških stanja i obolenja,
- preduzeti sve mere neophodne za sprečavanje mogućih akcidenata i osigurati efikasnu i adekvatno opremljenu službu za intervenciju i otklanjanje posledica.

Postizanjem potrebnog nivoa radijacione bezbednosti našeg stanovništva tj. svodjenjem radijacionog rizika na minimum i na javnom planu obezbediće se svi uslovi očuvanja i somatskog zdravlja i sprečiti neželjene genetske posledice.



elind • VALJEVO
ELEKTROINDUSTRIJSKO PREDUZEĆE
MIŠE DUDIĆA BROJ 28

"ELIND" JE NAJVEĆI PROIZVODJAČ GROMOBRANSKE OPREME ZA ZAŠTITU LJUDSTVA I IMOVINE OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA. OVAJ PROGRAM OBUHVATA PROIZVODNJU ELEMENATA KLASIČNE GROMOBRANSKE INSTALACIJE PO JUS NB.4 902-950. KAO I PROJEKTOVANJE, PROIZVODNJU I MONTAŽU RADIOAKTIVNOG GROMOBRANA.

Klasičnu gromobranksu instalaciju "ELIND" proizvodi već 15 godina a radioaktivne gromobrane punih 10 godina na opšte zadovoljstvo krajnjih korisnika. Pomenimo značajnije objekte koje štiti naš RAG:

Industrijski objekti: "Aluminijski kombinat"-Titograd
"Krušik"-Valjevo
"Slavko Rodić"-Bugojno

Stanbena naselja: "Petlovo brdo", "Miljakovac"-Beograd
"Liman"-Novi Sad

Spomenici: Tjentište, Kozara, Njegošev mauzolej na Lovćenu

Niz hotela, javnih zgrada, termoelektrana,

Program proizvodnje razvodnih postrojenja obuhvata:

- Razvodna postrojenja 35/10 kV/0,4 kV, trafostanice
- Blindirane trafostanice za spoljnu upotrebu
- Komandne i razvodne ormane
- Postrojenja po specijalnim narudžbinama

Za sve informacije obratite se na:

Telefon 014/21912

Teleks 13315



• *elind* • VALJEVO
ELEKTROINDUSTRIJSKO PREDUZEĆE
MIŠE DUDIĆA BROJ 28

"ELIND" NUDI SVOJIM KUPCIMA PROIZVODE RAZNOVRSNIH PROGRAMA:

- ELEKTRIČNE TERMOAKUMULACIONE PEĆI
- UREDJAJI ZA ELEKTRIČNO GREJANJE ŠINSKIH VOZILA I BRODOVA
- Sve vrste šrafovske robe po JUS-u, DIN-u, skici ili uzorku
- Podložne pločice: obične i druge
- Cilindrične, konusne i elastične čivije

Novi pogon hemijske zaštite nudi usluge poliranja na najsvremenijim mašinama kao i dekorativno hromiranje, cinkovanje i kadmiziranje u najsvremenije opremljenoj galvanizaciji.

Specijalizovani pogon za industrijsku elektromontažu izvodi radove kako u zemlji tako i u inostranstvu. Značajniji uspjesi ovog pogona su instalacije izvedene na sledećim objektima:

"Duvanska industrija"-Niš
Palata "Beogradjanka"-Beograd
"Trepča"-Kos. Mitrovica

TRAŽITE DETALJNE PODATKE I KATALOGE O NAŠIM PROIZVODIMA
OD SLUŽBE PLASMANA PREDUZEĆA

TELEGRAM „ELIND“ VALJEVO. TELEFONI: 21-912, 21-122. TELEKS: 13-315 POŠTANSKI FAH 53
PREDSTAVNIŠTVO BEOGRAD, ĐURE ĐAKOVIĆA BROJ 62 TELEFON 331-010



INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ" - VINČA

OUR LABORATORIJA ZA RADIOIZOTOPE

PROIZVODI ZA MEDICINSKU PRIMENU:

-radiofarmaceutike ^{131}J , ^{198}Au -kol., ^{51}Cr , ^{35}S , ^{32}P , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ i druge

-organska obeležena jedinjenja roz-bengal- ^{131}J , hipuran- ^{131}J ,
humani serum-albumin- ^{131}J , bromsulfoftalein- ^{131}J , cistein- ^{35}S ,
metionin- ^{35}S , tiokarbamid- ^{35}S , B_1 -vitamin- ^{35}S , selen-metionin-
 ^{75}Se , neohidrin- $^{197,203}\text{Hg}$, masne obeležene kiseline i druga je-
dinjenja

-snažne teleterapeutske izvore ^{60}Co i medicinske aplikatore

ZA PRIMENU U INDUSTRIJI:

-radioaktivne izvore ^{60}Co i ^{192}Ir za radiografiju

-radioaktivne izvore ^{60}Co i ^{152}Eu za gromobrane

BAVI SE ISTRAŽIVANJIMA:

-u oblastima radiohemijskih separacija i kontrola radioizotopa
za medicinsku primenu, hemije vrućeg atoma, zaštite čovekove
okoline, radioaktivacione analize i drugim

SARADJUJE NA:

-razvojnim programima u oblasti proizvodnje i primene radioizo-
topa u medicini i industriji sa centrima u zemlji i inostran-
stvu

Adresa:

11001 Beograd-Jugoslavija /POB 522/

Teleks: Yu 11563

Telefon: 011/444-855



SLAVIJAELEKTRO ELEKTROTEHNIČKO I MONTAŽNO PREDUZEĆE

BEOGRAD, GAVRILA PRINCIPA 45—47. TELEFONI: 646-965; 644-287; 645-592; 645-629

PROIZVODNI PROGRAM

- | | |
|--------------------|--|
| PROGRAM 100 | — Reklame |
| „ 110 | — Svetleće reklame sa neonskom rasvetom |
| „ 120 | — Svetleće reklame sa fluorescentnom rasvetom |
| „ 130 | — Rasvetna tela za dekorativnu i specijalnu rasvetu |
| „ 140 | — Firmopisačke reklame i natpisi |
| „ 150 | — Proizvodi od plastike |
| PROGRAM 200 | — Vertikalna saobraćajna signalizacija |
| „ 210 | — Svetleći saobraćajni znaci i putokazi |
| „ 220 | — Saobraćajni znaci i putokazi sa retrorefleksnom folijom |
| „ 230 | — Saobraćajni znaci za plovidbene puteve |
| „ 240 | — Signalni i opomenski znaci specijalne namene |
| PROGRAM 300 | — Primena izotopa u industriji |
| „ 310 | — Gromobrani sa izvorom jonizujućeg zračenja |
| „ 320 | — Jonizacioni javljači požara |
| „ 330 | — Specijalni uređaji sa primenom izvora jonizacionog zračenja (nivomeri, debljinomeri, gustinomeri, eliminatori statičkog elektriciteta, itd.) |
| PROGRAM 400 | — Servisiranje i održavanje električnih aparata i uređaja |
| „ 410 | — Servisiranje i održavanje električnog bojlera proizvodnje „Tiki“ |
| „ 420 | — Servisiranje i održavanje električnih mašina za pranje, sušenje i peglanje rublja |
| „ 430 | — Servisiranje i održavanje radija i TV aparata i uređaja |
| „ 440 | — Servisiranje, održavanje i montaža opreme za ozvučavanje |
| PROGRAM 500 | — Projektovanje i izvođenje termotehničkih instalacija |
| „ 510 | — Projektovanje i izvođenje instalacija grejanja |
| „ 520 | — Projektovanje i izvođenje vodovodnih instalacija |
| „ 530 | — Izvođenje termoizolacionih radova |