

## RADIOLOŠKA KONTAMINACIJA TERITORIJE

Upotreba nuklearnog oružja u eventualnom ratu doneće više različitih, do sada nepoznatih i veoma složenih problema kao posledicu raznovrsnosti i složenosti dejstva tog oružja. Učinci dejstva i posledice biće nesumnjivo veoma veliki kako u pogledu prostornog zahvata i veličine gubitaka i razaranja, tako i u pogledu raznovrsnosti načina na koje će živa sila i materijalna dobra biti uništavani, a istovremeno i veoma složeni u pogledu vremenskog trajanja. Radiološka kontaminacija, kao posledica nuklearnih eksplozija, biće svakako pojava koja će u najvećoj meri komplikovati i bitno uticati na borbena dejstva i život jedinica i stanovništva uopšte. Stoga je veoma značajno na vreme sagledati probleme koji će se verovatno javljati i mere koje bi trebalo preduzeti radi zaštite žive sile i materijalnih dobara. Treba naglasiti da će posledice biti zaista nedogledne i veoma složene i stoga će sve mere zaštite u eventualnom ratu verovatno imati ograničenu vrednost i jedini cilj da se preživi i omoguće borbena dejstva. A ukoliko se ranije i na vreme preduzmu, utoliko ima više verovatnoće da će zaštita biti uspešna.

U ovim razmatranjima neće se neposredno tretirati problemi radiološke kontaminacije jedinica, već neki koji su vezani za kontaminaciju teritorije i životne sredine<sup>1</sup>, sa posledicama na jedinice i stanovništvo. Istovremeno će se dati i zaključci koje i kakve mere zaštite bi trebalo preduzeti.

*Izvori i karakteristike radiološke kontaminacije.* Površinske eksplozije nuklearnih projektila su najznačajniji izvor radiološke kontaminacije životne sredine. Nema sumnje da će se takav način upotrebe nuklearnog oružja često primenjivati, pogotovo u odbrambenim dejstvima. Pored toga, moguće su neželjene, neplanske površinske eksplozije, usled skretanja po visini. Upotreba nuklearnih mina (nuklearno zaprečavanje) stvara posledice slične onima nakon površinskih eksplozija nuklearnih projektila. Radioaktivne padavine, nastale od takvih eksplozija, mogu za duže vreme kontaminirati veoma velika prostranstva sa svim ljudskim i materijalnim potencijalima. Primera radi navodimo kolike bi površine bile kontaminirane (u različitom intenzitetu) površinskim eksplozijama nuklearnih projektila različite jačine: od 10 KT — do 226 km<sup>2</sup>, od 20 KT — oko 520 km<sup>2</sup>, od 50 KT — oko 1.400 km<sup>2</sup>, od 100 KT — oko 3.000 km<sup>2</sup>, od 200 KT — oko 10.800

<sup>1</sup> U daljem tekstu pod ovim izrazom podrazumevaće se zemljište, atmosfera, voda, izvori hrane i sl.

km<sup>2</sup>, od 500 KT — oko 17.000 km<sup>2</sup> i od 1 MT — oko 27.000 km<sup>2</sup>.<sup>2</sup> Intenziteti na tako kontaminiranim prostorijama kretali bi se od 10 rendgena na čas (r/h) na periferiji od više hiljada r/h u centru — u blizini rejona eksplozije. Kontaminacija bi trajala danima, nedeljama pa i mesecima.

Kod eksplozije u vazduhu primarno neutronske zračenje izaziva veštačko radioaktivno zračenje nekih elemenata u zemlji i predmeta na zemljištu. Tako dolazi do tzv. indukovane radijacije na zemljištu i predmetima u rejonu nulte tačke (NT). Koliki su prostorni zahtevi (pa u vezi s tim i obim i stepen opasnosti) pokazuju podaci o površinama indukovane radijacije za pojedine projekte, koja iznosi: za 10 KT — oko 1 km<sup>2</sup>, za 20 KT — oko 2 km<sup>2</sup>, za 50 KT — oko 3,7 km<sup>2</sup>, za 100 KT — oko 5,3 km<sup>2</sup>, za 200 KT — oko 7 km<sup>2</sup>. Intenziteti zračenja kretali bi se, takođe, od nekoliko r/h na periferiji, do nekoliko hiljada r/h u centru ovih kružnih površina, a kontaminacije bi takođe trajale danima i mesecima. Ovakvi kontaminirani rejon predstavljali bi, isto tako, značajan izvor za radiološku kontaminaciju životne sredine. Ako oni nisu po razmerama (pojedinačno uzeto) takvi kao kod površinskih eksplozija, sa stanovišta naših razmatranja takođe su veoma značajni, jer se može pretpostaviti da će se veći deo nuklearnih projektila upotrebiti metodom eksplozije nisko u vazduhu, a i što zbir tih relativno malih kontaminiranih rejona daje značajne površine. (Uzmimo da se u jednoj ili dve armijske operacije, na ograničenom prostoru i vremenu, upotrebi 100 nuklearnih projektila prosečne vrednosti od 20 KT; u ovom slučaju dobili bismo primarno kontaminiranu površinu od 200 km<sup>2</sup>. Vetrovi, kiše i sneg bi to područje primarne kontaminacije još znatno povećali.)

Radiološka kontaminacija radioaktivnim padavinama kod eksplozije u vazduhu sa taktičkog stanovišta se u većini slučajeva zanemaruje. Izuzetak čine posebni uslovi kao što su: niske eksplozije, posebni meteorološki uslovi, kiša, sneg i sl. To ne znači da takve kontaminacije nema. Ona se zanemaruje u taktičkom smislu, po nuždi i s obzirom na male intenzitete, a i trenutni stepen zaštite jedinica koje dejstvuju u toj zoni. Kod eksplozija u vazduhu na malim i srednjim visinama radioaktivne padavine postoje i mogu biti značajne i u taktičkom smislu. Sa stanovišta kontaminacije teritorije i životne sredine uopšte, one su, takođe, veoma značajne i mogu znatno uticati na borbena dejstva i život jedinica i stanovništva. Ovo će se pogotovo događati kada će se na relativno malom prostoru i u kratkom vremenu upotrebiti veća količina nuklearnih projektila. Evo primera: ako bi se u jednoj ili dve armijske operacije upotrebilo oko 100 nuklearnih projektila, prosečne snage od 20 KT (naravno na ograničenom prostoru i vremenu), proizvod tih eksplozija bio bi oko 100 kg fisionog materijala, koji bi se, zavisno od visine eksplozije i meteoroloških uslova, taložio na zemlju na većim ili manjim udaljenjima i bio većih ili manjih intenziteta. Ako se uzme da je za radiološku kontaminaciju 10 km<sup>2</sup> po-

<sup>2</sup> Radi upoređenja navodimo da bi za kontaminaciju čitave teritorije naše zemlje (pod pretpostavkom da se kontaminacije izazvane dejstvom pojedinih projektila ne »preklapaju«, već su naporedne) bilo potrebno: projektila od 10 KT — oko 1.140, od 20 KT — oko 500, od 50 KT — oko 180, od 100 KT — oko 86, od 200 KT — oko 23, od 500 KT — oko 15 i od 1 MT — oko 10.

treban 1 kg fisionog materijala, to bi se u navedenom primeru ovim materijalom mogla kontaminirati površina od 1.000 km<sup>2</sup> (pod uslovom da se ovaj materijal idealno ravnomerno taloži). Ovdje je problem dat svakako u uprošćenom obliku, jer deo tog materijala ne bi odmah dospelo na zemlju, niti bi pao na bližu ili širu okolinu rejona upotrebe, ili bi u međuvremenu znatno izgubio primarnu radioaktivnost. Ali, s druge strane, taj primer pokazuje koliko su opasne sve vrste nuklearnih eksplozija za opstanak i borbena dejstva jedinica. (Ovo su potvrdili već i mirnodopski nuklearni testovi.)

Pored ovog što je ukazano na izvore radiološke kontaminacije životne sredine, izneće se i neke od njenih značajnih karakteristika.

Jedna od njih je da radiološka kontaminacija zahvata *velika prostranstva*, što je već izneto. (Tu treba napomenuti da teritorija jedne zemlje — ratišta i životna sredina mogu biti kontaminirani i kad se upotrebe nuklearna oružja na teritorijama susednih i drugih zemalja.)

Na zahvaćenim područjima kontaminacija je *totalna — apsolutna*. Fisioni materijal čine najsitnije fine čestice i nalazi se infiltriran svuda. Kontaminirani su vazduh, voda i teritorija sa svim objektima i sredstvima na njoj. Samo potpuno hermetizovani objekti — sredstva pružaju zaštitu.

Relativna *trajnost* je sledeća karakteristika radiološke kontaminacije. Radiološki kontaminanti sastoje se od radioaktivnih elemenata zemlje (usled površinske eksplozije ili indukovane radijacije) i proizvoda fisije nuklearnog projektila i eksploziva. Svi ti elementi su veoma brojni i po svojoj toksičnosti i vremenu poluraspada (u kojem se radioaktivnost nekog elementa spontano smanji na polovinu) veoma raznovrsni.<sup>3</sup> Takođe su brojni (ima ih oko 90) i raznovrsni po svojim karakteristikama radioaktivni elementi nastali kao produkti fisije nuklearnog eksploziva.<sup>4</sup> Postoji, dakle, čitav niz elemenata različite toksičnosti i poluraspada. Sam problem nastanka, sastava, karakteristika i nestanka radiološke kontaminacije je, s obzirom na složenost, svakako predmet posebne studije. Iznošenjem nekih podataka o sastavu i poluraspadima pojedinih elemenata želi se jedino podvući da je, jednom nastala, radiološka kontaminacija veoma složena i trajno prisutna pojava o kojoj se mora voditi računa.

Iz dosada iznetog proizlazi da je zaštita žive sile i materijalno-tehničkih sredstava veoma teška i složena. Relativno uspešna zaštita žive sile postiže se primenom ličnih zaštitnih sredstava i sklanjanjem žive sile (kao i materijalno-tehničkih sredstava) u hermetizovana skloništa. Pošto se proces radioaktivnog raspada i, u vezi s tim, zračenje ne mogu ničim ubrzati, usporiti ili prekinuti, veoma su otežane mere usmerene na otklanjanje posledica i svode se na ograničene mogućnosti dekontaminacije žive sile i nekih materijalno-tehničkih sredstava, kao i kontroli kontaminiranih rejona (uz prirodno nestajanje kontaminacije).

<sup>3</sup> Od radioaktivnih elemenata iz zemlje ima, npr. kiseonik (oko 48% u zemlji) — vreme poluraspada 27 sek., silicijum (oko 26% u zemlji) — 2,6 č, gvožđe (oko 5% u zemlji) — 47 dana, kalijum (oko 4% u zemlji) — 180 dana.

<sup>4</sup> Među njima su, npr., ksenon 133 — sa 5 dana poluraspada, stroncijum 90 sa poluraspadom od 28 godina, cerijum 137 sa poluraspadom od 33 godine, itd.

Ovo su samo neke od karakteristika radiološke kontaminacije, date kratko i neposredno sa jedinim ciljem da se donekle sagledaju problemi koji nastaju za jedinice i stanovništvo kontaminacijom životne sredine. U tom svetlu razmotriće se neka pitanja u vezi sa radiološkom kontaminacijom životne sredine, kao i mere kontrole i zaštite.

*Radiološka kontaminacija zemljišta.* Kontaminacija ovog osnovnog elementa životne sredine može se dvojako posmatrati: s jedne strane, element zemljine kore postaju usled neutronskog zračenja radioaktivni, zemlja postaje izvor radioaktivnog zračenja većeg ili manjeg intenziteta i trajanja, u čemu veliki značaj ima geološki i hemijski sastav zemljišta; s druge strane, po zemljištu (teritoriji) i objektima na njemu talože se radioaktivne padavine nastale od svih vrsta nuklearnih eksplozija, a njihovo taloženje i stepen opasnosti zavise od reljefa i meteoroloških uslova, naseljenosti, komunikativnosti, pošumljenosti, hidrografije i sl.

Pojavom nuklearnog oružja geološki i hemijski sastav zemljišta dobija znatno veći značaj. Ranije je taj sastav posmatran samo sa stanovišta uslova za izvođenje fortifikacijskih radova, a ti radovi u novim uslovima, baš zbog nuklearnog oružja, dobijaju još veći značaj. Ali osobiti značaj dobija geološki i hemijski sastav zemljišta s obzirom na mogućnost da njegovi pojedini elementi postanu radioaktivni. Pod određenim uslovima (neutronsko zračenje kod vazdušnih i površinskih eksplozija) zemljina kora »daje«, »proizvodi« ogromne količine radioaktivnog materijala. Značaj geološkog i hemijskog sastava zemljišta postaje posebno zanimljiv stoga što postaju radioaktivni pojedini elementi koji su različitih radioaktivnih karakteristika (pre svega po stepenu toksičnosti i vremenu poluraspada), a nalaze se u različitoj srazmeri u pojedinim rejonima i geološkim formacijama. To znači da se mogu očekivati veliki obim kontaminacije i visok intenzitet zračenja u rejonima gde u zemljinoj kori preovlađuju elementi koji postaju radioaktivni (npr. čitav dinarski sistem bogat je silicijumom, kalcijumom i aluminijumom). Od toga kojih i koliko elemenata (koji postaju radioaktivni) ima u pojedinim rejonima, zavisi i vremensko trajanje kontaminacije, jer je vreme poluraspada svakog elementa različito, pa je i raspon znatan (vodonik, na primer, ima poluraspad od 1/100 sekundi, a kalcijum od 18 dana). Znači da u pojedinim područjima može postojati visok stepen kontaminacije, koja brže (kad preovlađuju elementi sa kratkim poluraspadom) ili sporije (kad preovlađuju elementi sa dužim poluraspadom) nestaje prirodnim putem.

Zaključak je da od geološkog i hemijskog sastava zemljišta može zavisiti obim, stepen i vremensko trajanje kontaminacije. Svakako da je problem veoma složen, a ovo što je rečeno jedino upućuje na zaključak da geološka procena zemljišta u nuklearnom ratu dobija jedan novi aspekt — radiološki, o kome će komandanti i štabovi morati da vode računa.

Prema tome, bilo bi korisno da se već u miru izvrši takva studija — procena čitave državne teritorije, izrade geološko-radiološke karte i kratke procene pojedinih područja i tako na vreme sagledaju bitne karakteristike i opasnosti u radiološkom smislu, vezane za geološko-hemijski sastav zemljišta pojedinih rejona. Kod toga treba imati u vidu

i to da obim, stepen i trajanje radiološke kontaminacije zavise i od radioaktivnog materijala koji nastaje od same eksplozije (fragmenti — proizvodi fisije), gde prethodne procene nisu moguće.

Reljef — konfiguracija zemljišta (posmatran povezano sa meteorološkim uslovima koji dosta zavise od njega) utiče na karakter i stepen opasnosti od radiološke kontaminacije, a time i na borbena dejstva i život uopšte. Neke od najznačajnijih karakteristika u tom smislu bile bi:

na ravničastom zemljištu, gde je po pravilu gušća naseljenost i koncentracija materijalnih dobara, postoji opasnost da radiološkom kontaminacijom bude zahvaćena veća masa žive sile i dobara. S druge strane, na takvom zemljištu lakše je izvlačenje i sklanjanje stanovništva iz ugroženih i kontaminiranih rejlona i smeštaj u druge rejone. Pored toga kontrola i obilazak ugroženih rejlona u ravnici znatno su lakši nego na brdsko-planinskom zemljištu. Ukoliko se sprovodi neko raščišćavanje i dekontaminacija, oni su takođe lakši, jer su olakšani pristupi i pokret. S obzirom na karakter zemljišta, slika (oblik i veličina) kontaminiranog rejlona zavisiće samo od meteoroloških uslova;

na brdsko-planinskom zemljištu radiološka kontaminacija može imati vanredno teške posledice na borbena dejstva jedinica i život stanovništva. Čak i kod eksplozije u vazduhu može u tesnacima, prevojima i sl. da dođe do rušenja većih razmera sa radiološkom kontaminacijom (indukovana radijacija) koja se ne može odmah ukloniti i koja će duže onemogućavati pokret i manevar. Radioaktivne padavine bi se u jačoj meri (usled dejstva vetrova i sl.) taložile duž dolina, po kotlinama, visoravnima, gde će po pravilu biti i veća kontaminacija žive sile i materijalnih dobara. Takvi kontaminirani rejoni predstavljaju dugotrajnije prepreke, koje će biti teško obići i savladati, a pomeranje žive sile i materijalnih dobara veoma otežano. Takođe će i otklanjanje posledica i kontrola teritorije u izvesnom smislu biti teži.

Pošumljeni rejoni imaju sa stanovišta radiološke kontaminacije svoje karakteristike. Radioaktivni materijal se zadržava na drveću i lišću, zbog čega su intenziteti na zemljištu nešto manji, ali taj materijal vetar i talozi stalno obaraju i raznose, čime se neprestano nanovo kontaminira zemljište i sredstva u tim rejlonima i bližoj okolini.

Hidrografski sistem, sa stanovišta radiološke kontaminacije, ima vanredno značajno mesto, pa će se obraditi u posebnom odeljku.

Iz iznetog proizlazi da će radiološkom kontaminacijom najčešće biti ugroženi rejoni (ravnice, doline, kotline) u kojima je veća koncentracija žive sile i materijalnih dobara. To će nametnuti velike probleme u vezi sa njihovom zaštitom, sklanjanjem i pomeranjem, a biće potrebne i velike snage i sredstva za dekontaminaciju. Isto tako može se očekivati radiološka kontaminacija važnih saobraćajnica i pravaca čime se može otežati ili onemogućiti manevar i komuniciranje.

Uzajamni uticaj oblika i karakteristika zemljišta i njegove radiološke kontaminacije izazivaju mnoge probleme koje treba rešavati u miru i ratu. Očigledno je da će komandant i štabovi prilikom procene zemljišta obavezno morati da cene i postojeće ili moguće rejone radiološke kontaminacije i uticaj zemljišta na nju, kao i mere za njenu kontrolu, ograničavanje i likvidaciju posledica. Ovo bi bilo utoliko lakše ako je već u miru izvršena radiološka procena državne teritorije (u

celini i po delovima), sagledan verovatni stepen opasnosti, opasna i kritična mesta i ako je, kao rezultat takve studije pripremljena i organizovana radiološka kontrola čitave teritorije i obezbeđene snage i sredstva za ograničavanje i likvidaciju kontaminacije. Ovo bi, nesumnjivo, mnogo doprinelo da se ublaže ili ograniče štetne posledice.

*Hidrografski sistem i radiološka kontaminacija.* Voda, uzeto u najširem smislu,<sup>5</sup> predstavlja jedan od najznačajnijih elemenata životne sredine i uslova za život uopšte. U nuklearnom ratu svi izvori vode bili bi izloženi radiološkoj kontaminaciji i već na osnovu iznetih podataka nije teško zaključiti da bi njihov veći deo bio kontaminiran, što bi imalo velike i teške posledice.

Sa stanovišta naših razmatranja možemo tretirati vodu: kao sredstvo neophodno za život (za hranu, piće i sl.); kao sredinu — sredstvo pomoću koga se vrši i širi radiološka kontaminacija; kao sredstvo za otklanjanje posledica nuklearnih udara (dekontaminacija, gašenje požara).

Veoma je teško predvideti do kog stepena bi u nuklearnom ratu ovi izvori bili kontaminirani radioaktivnim materijalima. Svakako da će većina biti kontaminirana, a stepen kontaminacije umnogome će zavistiti od vrste i karaktera izvora. Površinske vode, vodotoci, jezera, cisterne, otvoreni izvori i otvoreni bunari bili bi relativno najviše kontaminirani. Sve kraške vode bi se, takođe, morale smatrati kao površinske vode, jer postoji opasnost da budu direktno kontaminirane. Voda koja se uzima iz dubljih slojeva zemlje, zaštićena nepropusnim slojevima (arterški bunari, bušeni izvori) bila bi relativno sigurna. Isto tako bila bi zaštićena i sigurna voda iz skupnih vodovoda, naročito kada se koristi podzemna voda i kod zaštićenih izvora (uređaji za filtriranje i prečišćavanje). Izvorska voda po pravilu komunicira sa površinskom, pa se može pretpostaviti da će biti kontaminirana, što znači da se ne bi mogla upotrebiti bez prethodnog prečišćavanja.

Iz ovoga rezultira da će u pogledu radiološke kontaminacije biti najviše ugrožena živa sila koja koristi kišnicu i površinsku vodu, kao i onu na području krasa.<sup>6</sup> Više će biti ugrožena živa sila koja koristi vodu iz kopanih i neasaniranih bunara, od one koja koristi pripisno kaptirane objekte. Centralizovano snabdevanje vodom (vodovodi) je bezbedno ako se raspolaže uređajima za pročišćavanje od radioaktivnih materija, u suprotnom može biti samo posrednik u širenju kontaminacije. Cisterne sa vodom, ako je prethodno prečišćena i zaštićena, mogu biti dragocen rezervoar pokretnih količina vode.

<sup>5</sup> Reke, jezera, mora, izvori, padavine i dr.

<sup>6</sup> Radi ilustracije navode se neki podaci iz jedne ankete o stanju snabdevanja vodom kod nas u 1950. godini (podaci su, očigledno, zastareli, ali ipak ukazuju na osnovne karakteristike i probleme koji na tom području postoje i danas). Površinsku vodu (vodotoci, cisterne, jezera) koristilo je u našoj zemlji oko 15% stanovništva, kod čega je karakteristično područje krasa gde je 57% stanovništva koristilo površinsku vodu. Najveći deo stanovništva, oko 55% koristio je podzemnu vodu (naročito u severnim i severoistočnim delovima zemlje) iz kopanih i cevnih bunara. Vodu iz izvora koristilo je oko 30% stanovništva. Građski vodovodi su različito razvijeni i najviše ih je bilo u Sloveniji — za oko 40% stanovništva. (Verovatno se ovo stanje promenilo, ali je ipak moguće sagledati osnovne karakteristike i probleme koji postoje.)

Nekontaminirana voda, posebno u nuklearnom ratu, biće od presudnog značaja. Smatra se da dnevne potrebe u vodi savremene divizije normalno iznose oko 450.000 l/24 č, smanjene oko 260.000 l/24 č. i minimalne oko 210.000 l/24 č. (Ovde se podrazumevaju samo količine potrebne za živu silu i tehniku, bez vode potrebne za dekontaminaciju.) Iz ovih podataka mogu se sagledati i potrebe za korpus — armiju za određen period ili operaciju. Tome treba dodati i potrebe civilnog stanovništva, koje su, takođe, ogromne, pa se može sagledati presudan značaj koji će imati organizacija snabdevanja, zaštite, kontrole i dekontaminacije vode za život i rad armije i stanovništva, a posebno za borbena dejstva jedinica.

Vodni tokovi i voda uopšte (podrazumevajući tu i atmosferski talog), pored meteoroloških uslova, predstavlja takođe i sredinu preko koje se kontaminiraju živa sila i materijalna tehnička sredstva i životna sredina uopšte, a pomoću nje se proširuje i primarno područje kontaminacije. Znači da u tom smislu voda, s jedne strane, neposredno kontaminira živu silu i materijalna sredstva, a, s druge, višestruko povećava primarna područja kontaminacije.

Ima mišljenja da bi sve ili barem veći deo površinskih voda u Evropi bio u slučaju nuklearnog rata kontaminiran. To bi predstavljalo neposrednu opasnost za celokupnu živu silu na kontaminiranom području, ali to istovremeno znači da se iz zemlje i sa područja na kojima se vodi rat uz primenu nuklearnih sredstava, posredstvom taloga i vodenih tokova, može radiološki kontaminirati jedna zemlja ili njena područja na kojima se ne primenjuju nuklearna sredstva ili se rat uopšte ne vodi. Posmatrano sa tog stanovišta procena i poznavanje hidrosistema, osobito vodenih tokova i slivova, imaće velik značaj za zemlju u celini, kao i za pojedina vojišta. (Ovde se ima u vidu u kakvom će odnosu i položaju biti frontovi, glavne snage žive sile i materijalnih sredstava prema vodenim tokovima, drugim rečima da li će se nalaziti u područjima na koja pritiče većina vodenih tokova ili sa kojih odlazi većina tokova u pravcu protivnika. Mogućna je i situacija da će protivničke snage biti raspoređene uzduž vodenih slivova. Položaj jedne i druge strane može u svakoj situaciji biti različit, ali će u nepovoljnijem položaju biti strana koja će se nalaziti u područjima donjih slivova pojedinih hidrosistema.)

Treba naglasiti da problem radiološke kontaminacije vode postoji i danas, usled nuklearnih testova i mirnodopske primene nuklearne energije i radioaktivnih izotopa. Iz toga proizlazi da se problem kontrole vode postavlja već u miru, što istovremeno predstavlja mogućnost da se steknu iskustva, organizuju službe i obuče kadrovi za teže situacije u ratu.

Pošto je voda veoma važno sredstvo za otklanjanje posledica nuklearnih udara, kao dekontaminator, masovne radiološke kontaminacije zahtevaće ogromne količine vode. Ceni se da za potpunu radiološku dekontaminaciju<sup>7</sup> 20% ljudstva i tehnike jednog puka treba oko 200 t

<sup>7</sup> U suštini nema potpune radiološke dekontaminacije i taj izraz treba uzeti uslovno.

vode, a za 20% sastava divizije oko 1.200 tona. Ako bi se dekontaminirala i odeća, onda bi za puk trebalo oko 230 t, a za diviziju oko 1.300 t. (Razumljivo je da sva ta voda mora biti čista, tj. nekontaminirana.)

Iz ovih podataka mogu se sagledati kakve će biti ogromne potrebe u vodi za jedinice i stanovništvo, a eventualno i za zemljište i objekte i materijalna dobra na njima. Sem toga i za gašenje požara (nastalih usled nuklearnih i klasičnih bombardovanja) u gradovima i pošumljenim rejonima potrebne su velike količine vode. Na rezultat gašenja požara ne utiče da li je voda kontaminirana ili ne, ali bi se upotrebom kontaminirane vode proširivalo područje radiološke kontaminacije.

Već iz ovih nepotpunih razmatranja proizlazi kakav će značaj imati hidrosistem jedne zemlje u uslovima upotrebe nuklearnog oružja i kolike će biti potrebe za nekontaminiranom vodom uopšte. Očigledno je da bi bilo potrebno, u sklopu uređenja teritorije, na vreme preduzeti potrebne mere i u tom smislu. Neke od tih koje bi bilo nužno sprovesti još u miru, bile bi:

trebalo bi izvršiti studiju — procenu hidrološke situacije u zemlji i kroz nju sagledati: stanje i karakter, broj i vrstu izvora vode, njihov teritorijalni raspored, stepen bezbednosti sa stanovišta radiološke kontaminacije, mere koje treba preduzeti radi njihove zaštite i obezbeđenja, potrebe i raspoložive količine vode u pojedinim rejonima, itd. (u tu svrhu bilo bi potrebno štampati hidrološko-radiološke karte sa svim napred navedenim i drugim podacima); trebalo bi postaviti i razviti sistem i organizaciju koja će moći da i u ratnim uslovima ostvari kontrolu nad svim izvorima vode u zemlji; bilo bi neophodno preduzeti sve potrebne mere za obezbeđenje odgovarajućih količina i izvora vode (u te mere spada: izgradnja novih i pouzdanih izvora vode; izbor bezbednih postojećih izvora i planiranje mera obezbeđenja u ratu; stvaranje rezervi vode za živu silu za prvi period od 8 do 10 dana, računajući na pojedinca 25—30 l, a prosečnu porodicu 100—150 l; izgradnja sigurne vodovodne mreže sa uređajima za pročišćavanje vode, itd.); istraživanjem bi trebalo utvrditi najpodesnije metode radiološke dekontaminacije vode u pojedinim ratnim uslovima, uzimajući u obzir sve do sada poznate metode: koagulacija, filtracija, destilacija, pomoću izmenjivača jona i sl. (kod toga bi trebalo obratiti posebnu pažnju na one metode i postupke kojima bi se u svim uslovima mogao koristiti pojedinac ili grupa uz primenu priručnih i mesnih sredstava — npr. taloženje uz upotrebu gline i humusa; destilacija pomoću kazana za pečenje rakije; improvizovanje raznih uređaja za taloženje i prečišćavanje): bilo bi neophodno obučiti stanovništvo u kontroli, zaštiti i dekontaminaciji vode, uz popularisanje najpodesnijih metoda do kojih se došlo naučnim istraživanjima.

*Radiološka kontaminacija atmosfere.* Problem radiološke kontaminacije ovog veoma značajnog elementa životne sredine, jedan je od najtežih i najsloženijih. On se ozbiljno postavlja već u miru prilikom nuklearnih proba, jer se kod pojedinačnih ili serije nuklearnih eksplozija radiološka kontaminacija atmosfere povećala višestruko i na velikim udaljenjima od mesta eksplozije, pa i u našoj zemlji. Stoga se već u miru postavlja zadatak da se stvore odgovarajući sistem, organizacija,



metode i sredstva za kontrolu atmosfere. To istovremeno omogućava i da se steknu potrebna iskustva i izgradi odgovarajući sistem za ratne uslove.

Nema sumnje da bi u nuklearnom ratu, pre svega, u većem stepenu bila kontaminirana atmosfera. Do nje će doći i u područjima u kojima se neće upotrebiti nuklearno oružje, a širiće se sa susednih područja na kojima će biti upotrebljeno. Kontaminacija atmosfere može biti po intenzitetu različita, javljaće se u raznim područjima i u različito vreme, ali će, više-manje, biti stalna pojava na koju treba računati i koja će u najvećoj meri otežati i komplikovati postupke i dejstva jedinica. Posredstvom zatrovane atmosfere neposredno bi se kontaminirala živa sila, materijalna dobra i ostali elementi životne sredine.

Do ove kontaminacije doći će, u većem ili manjem obimu, kod svih vrsta nuklearnih eksplozija u vazduhu — većem kod niskih, a osobito kod podzemnih i površinskih eksplozija. (Kakav bi bio mogući stepen i obim te kontaminacije već je prikazano.) Zaostala radijacija na zemljištu (indukovana radijacija i radioaktivne padavine) može da bude, dok postoji, a i pod uticajem vetrova, da bude, stalan izvor radiološke kontaminacije atmosfere.

Van svake je sumnje da će radiološka kontaminacija atmosfere i životne sredine biti u nuklearnom ratu stalna i skoro svuda prisutna pojava i opasnost, što, pored ostalog, i čini da je nuklearni rat apsurd. U takvom ratu ta opasnost postojaće u najširim razmerama i u pitanju je samo stepen opasnosti na pojedinim područjima i u određeno vreme. U ratu će, naravno, postojati sasvim drugi kriteriji za procenjivanje opasnosti od radioaktivnog zračenja od onih što postoje u miru. U miru se pri tom polazi od toga da se kod ljudstva, koje je duže izloženo radioaktivnom zračenju, ne izazovu genetske i somatske promene. U nuklearnom ratu će izlaganje žive sile radioaktivnom zračenju biti nerasprostranjeno veće, pa se kod procenjivanja neposredne opasnosti od kontaminacije i zračenja uzimaju u obzir one koncentracije i intenziteti koji mogu, trenutno ili u dogledno kraće vreme, da prouzrokuju gubitke. Razumljivo je da će posledice u smislu somatskih i genetskih promena biti katastrofalne, a ispoljavaće se u dužem vremenskom periodu. Sve to znači da su kriteriji za određivanje alarmne prag-doze<sup>8</sup> kontaminacije atmosfere različiti u miru i u ratu. U prvom slučaju prag-doza mora obezbediti da radiološka kontaminacija ne prouzrokuje nikakve posledice za život i razvoj, dok u drugom određuje uslove pod kojima se može preživeti, ne vodeći računa o naknadnim dugotrajnim posledicama.<sup>9</sup>

Meteorološki faktori imaće velik uticaj na kontaminaciju atmosfere. Od njih najveći značaj imaju vetrovi i padavine.

Vetrovi mogu (zavisno od pravca, brzine i visine) da prošire primarno kontaminiranu atmosferu — područje i kontaminiraju novo

<sup>8</sup> Termin kojim se označava tolerantna — dozvoljena doza.

<sup>9</sup> Po međunarodnim standardima kao maksimalno dozvoljena koncentracija radioaktivnih izotopa u atmosferi u miru kreće se, u zavisnosti od vrste izotopa, u granicama aktivnosti od 5 do 10 pc/m (piko-ciri); za prag-dožu u ratu nema pouzdanih podataka, ali se mogu naći mišljenja po kojima bi ona iznosila 0,01—0,1 mr/h (milirendgen/č).

područje. Iz istog razloga mogu na pojedinim područjima da pojačaju, odnosno oslabe kontaminaciju atmosfere. Posredstvom vetrova mogu se, takođe, kontaminirati područja na kojima se u određeno vreme ne upotrebljavaju nuklearni projektili. Poznavanje i studija vetrova na pojedinim područjima državne teritorije, u raznim godišnjim dobima, na raznim visinama i sl. dobija pored »klasičnog« (u mornaričkom, vazduhoplovnom i drugom smislu) i veoma značajan radiološki aspekt, koji treba u potpunosti i blagovremeno sagledati. U tom smislu se na teritoriji države izdvajaju pojedina područja (kod nas, npr., primorsko sa burom i jugom; Podunavlje i Pomoravlje sa košavom; Povardarje sa vardarcem, itd.). Analiza vetrova na tim područjima dala bi određene zaključke — zakonitosti, veoma značajne sa stanovišta radiološke kontaminacije tih područja u ratu kao i mera zaštite. U okviru pojedinih područja javljaju se stalno ili povremeno pojedini lokalni (prizemni) vetrovi, koji su uslovljeni specifičnim meteorološkim prilikama pojedinih područja, a koji mogu u istom smislu da znatno utiču na kontaminaciju pojedinih reiona u tim područjima. Stoga i njihovo poznavanje i praćenje ima isti značaj.

Oblačnost i padavine mogu uticati na povećanje radiološke kontaminacije atmosfere i životne sredine u tom smislu što sprečavaju da radioaktivni materijal bude vertikalnim strujama i nuklearnim oblakom prenet i razvejan u stratosferu, već biva njihovim uticajem zadržan u atmosferi i »oboren« na zemlju i niže slojeve atmosfere. Time se pojačava kontaminacija atmosfere i zemljišta, u nekim slučajevima do veoma opasnih razmera. Zato će poznavanje, studija i praćenje količina i rasprostiranje padavina na čitavoj državnoj teritoriji, kao i u pojedinim područjima, biti stalna obaveza svih komandi i organa, a njeno izvršenje omogućuje da se uspešno sagleda opasnost i preduzmu odgovarajuće mere.<sup>10</sup>

U nuklearnom ratu radiološka kontaminacija atmosfere, pa i životne sredine, biće relativno *opšta pojava u smislu prostora*, tj. ona će posredstvom meteoroloških faktora zahvatiti sva područja, kako ona na kojima se primenjuju, tako i ona na kojima se ne primenjuju nuklearna

<sup>10</sup> Radi bolje ilustracije daju se neki podaci o padavinama u našoj zemlji iz *Statističkog godišnjaka Saveznog zavoda za statistiku*, izdanje 1964. godine.

Padavine (kiša, sneg) na teritoriji SFRJ u 1962. godini (u danima).

Teritorija	Kiša	Sneg	Ukupno	Dani bez padavina
Bosna i Hercegovina	119	91	210	155
Dalmacija i Crnogorsko primorje	116	6	122	243
Hrvatska	123	63	186	179
Makedonija	97	45	142	223
Slovenija	128	50	178	187
Srbija	107	74	181	184
Kosmet	114	51	165	200

Pregled je nepotpun, jer nisu prikazani podaci po periodima — tromesečjima, iz kojih bi se video mogućni uticaj padavina na kontaminaciju u raznim godišnjim dobima. Iz pregleda se vidi da je broj dana sa padavinama u raznim područjima veoma različit, iz čega se može izvući zaključak i o njihovom uticaju na radiološku kontaminaciju atmosfere i zemljišta.

sredstva. Potrebno je naglasiti da će, s obzirom na svoju prirodu, to biti, u smislu vremenskog trajanja, i *dosta dugotrajna pojava*, koja može trajati danima i nedeljama. Međutim, u ratu se po nuždi uzimaju u obzir samo one koncentracije i intenziteti koji neposredno ugrožavaju opstanak žive sile, zanemarujući ostale dugotrajne posledice. Stoga će se u tom smislu morati obratiti pažnja područjima i rejonima gde vladaju takve koncentracije i intenziteti, a ne svim kontaminiranim područjima. Može se očekivati da će biti dosta područja na kojima će postojati velike koncentracije radioaktivnih izotopa u atmosferi i, s tim u vezi, visoki intenziteti i da će takva kontaminacija trajati duže. To zahteva da celokupna živa sila bude opremljena odgovarajućim sredstvima za ličnu zaštitu, osposobljena da se njima koristi i da može duže pod njima da deluje i živi. Pored toga, gde god će biti moguće, živa sila će morati duže da provodi u hermetizovanim skloništima. Sve to pretpostavlja visok stepen tehničke opremljenosti i obučenosti celokupne žive sile i njenu osposobljenost da živi i deluje u specifičnim uslovima radiološke kontaminacije atmosfere i životne sredine.

Očigledno je da će u ratu proučavanje ovih elemenata imati veliki značaj u svim procenama komandanata i štabova svih stepeni, pa bi bilo nužno da se već u miru: izvrši analiza, studija i procena klimatoloških elemenata sa gledišta moguće radiološke kontaminacije čitave državne teritorije i pojedinih područja, što bi poslužilo kao osnov za sagledavanje opasnosti i preduzimanje potrebnih mera (u tu svrhu bilo bi veoma korisno izraditi odgovarajuće karte i preglede za celu državnu teritoriju, kao i za pojedina područja); sagledati koje mirnodopske organizacije, snage i sredstva mogu i u ratu da obavljaju ove zadatke, pa ih na vreme organizaciono i tehnički osposobiti. I ovo bi doprinelo smanjenju štetnih posledica i gubitaka.

*Radiološka kontaminacija izvora ljudske i stočne hrane.* Kontaminacija ovih izvora bila bi jedna od najtežih posledica primene nuklearnih sredstava. Do nje može doći kako na područjima na kojima se primenjuju nuklearna sredstva, tako i na onima na kojima se ne primenjuju. Na područjima koja su zahvaćena radioaktivnim padavinama biće kontaminirani svi nezaštićeni izvori ljudske i stočne hrane i celokupan biljni i životinjski svet. Korišćenjem za ishranu bilja, stoke i dr. sa tih rejonu, bilo bi neposredno ugroženo stanovništvo. Problem je utoliko teži što se većina tih izvora (žito, povrće, voće, stoka i dr.) nalazi do finalne obrade i uskladištenja na otvorenom prostoru, pa je nemoguće obezbediti zaštitu, a i dekontaminacija je u toj situaciji skoro nemogućna. Stoga se problem zaštite i obezbeđenja ljudske i stočne hrane svodi na stvaranje rezervi, dobro uskladištenje i pakovanje, čime bi se dekontaminacija svela na dekontaminaciju ambalaže. Kod kontaminiranih izvora ljudske i stočne hrane problem se svodi uglavnom na kontrolu radioaktivnosti i utvrđivanje stepena kontaminacije — da bi se na osnovu toga preduzimale potrebne i efikasne mere (eventualna dekontaminacija) i donosile odluke o upotrebi. Mogućna je i dekontaminacija nekih biljnih proizvoda (npr. krompira, voća, nekog povrća), prvenstveno onih koji su kontaminirani po površini.

I problem radiološke kontaminacije izvora ljudske i stočne hrane postoji već danas u miru. Uzrok leži u sve široj primeni nuklearne ener-

gije i radioizotopa, kao i u nuklearnim testovima. Stoga mnoge zemlje organizuju i sprovode kontrolu osnovnih izvora ljudske i stočne hrane, što kao iskustvo predstavlja značajnu vrednost sa stanovišta rešavanja sličnih zadataka u ratu. Time se već u miru stvara organizacija, stiču iskustva, utvrđuju metodi i postupci i stvara odgovarajuća tehnička i materijalna baza za rešavanje sigurno težih i složenijih zadataka koji će se javiti u nuklearnom ratu.

S obzirom na veličinu i složenost problema, očigledno je da bi bilo potrebno već u miru preduzeti odgovarajuće mere, od kojih bi neke mogle biti: stvaranje odgovarajućih rezervi ljudske i stočne hrane koju bi trebalo dobro ambalažirati i uskladištiti, a koje bi se morale stvarati na svim stepenima počev od domaćinstva, do političko-teritorijalnih jedinica; organizacije, ustanove i kadrove koji se u miru bave problemima kontrole, zaštite i dekontaminacije ljudske i stočne hrane ili bi se, s obzirom na prirodu posla, mogli time baviti, trebalo bi organizaciono i tehnički pripremiti i osposobiti za izvršenje ovog zadatka u ratu; neophodan je naučnoistraživački rad da bi se iznalazile najbolje metode i sredstva za uskladištenje, ambalažiranje, zaštitu i dekontaminaciju ljudske i stočne hrane, a najbolja rešenja široko popularisati, kako bi se s njima upoznao svaki građanin.

*Kontrola životne sredine.* Iz do sada iznetog može se zaključiti da je radiološka kontaminacija životne sredine po razmerama i posledicama veoma složena i kao kvalitetno nova pojava postavlja više novih teškoća i složenih problema pred vojni i civilni sektor. Osnovni problem, koji u vezi s tim treba rešiti, jeste kako organizovati i obezbediti kontrolu životne sredine i koje mere primeniti za zaštitu i otklanjanje posledica radiološke kontaminacije. U ovom članku nema mogućnosti da se iznese predlog o konkretnoj organizaciji i merama koje bi u tu svrhu trebalo preduzeti, već samo mišljenje na kojim osnovama bi se mogla zasnivati ta organizacija i koje bi bile njene karakteristike.

Sistem kontrole životne sredine trebalo bi postaviti tako da se obezbedi *maksimalna samostalnost* jedinica, ustanova, organizacija i delova državne teritorije. To znači da bi jedinice oružanih snaga trebalo da imaju svoj sistem, snage i sredstva za obavljanje ove kontrole, da bi one u najvećoj meri trebalo da budu samostalne i nezavisne, kako bi mogle da preduzimaju sve potrebne i moguće mere zaštite i obezbeđenja borbenih dejstava. S druge strane, organizacije i ustanove civilnog sektora, kao i delovi državne teritorije, trebalo bi, takođe, da budu u ovom smislu osposobljeni za samostalno obavljanje svih ovih zadataka za sopstvene potrebe i potrebe drugih.

Ovo ne znači da bi trebalo ići u neku krajnju decentralizaciju i apsolutnu autonomnost. Naprotiv, trebalo bi izgraditi *jedinstven sistem kontrole* u okviru koga bi bila postignuta napred pomenuta samostalnost, ali uz odgovarajuću centralizaciju, saradnju i koordinaciju na pojedinim stepenima komandovanja, odnosno upravljanja.

Iz samog karaktera i prirode radiološke kontaminacije sledi da bi bilo nužno da ova kontrola bude *stalna i kontinuelna* u svim situacijama, kod svih jedinica i vojnih ustanova, organizacija i ustanova civilnog sektora i svih delova državne teritorije. S obzirom na mogućnost da državna teritorija bude radiološki kontaminirana i u miru

(usled nuklearnih proba), i u ratu (sa susednih teritorija i kontinenta), kao i s obzirom na mogućnost iznenađenja, čitav sistem nužno bi trebalo da bude *izgrađen i da funkcioniše već u miru*, s tim da se u ratu samo prilagodi, prema potrebi, novim uslovima.

Sistem kontrole trebalo bi postaviti tako da kontrola bude *potpuna — apsolutna*, kako u pogledu vremenskog trajanja (stalna), prostora i objekata koje obezbeđuje (teritorija, civilno stanovništvo, oružane snage), tako i u pogledu elemenata životne sredine koje kontroliše (zemljište, atmosfera, hrana, voda, materijalna dobra, itd.). Zbog toga bi ona morala biti, u pogledu snaga, sredstava i metoda, *masovna i raznovrsna*.

Za uspešno ostvarivanje kontrole i blagovremeno poduzimanje odgovarajućih mera od vanrednog značaja je postizanje odgovarajuće brzine u otkrivanju pojava radiološke kontaminacije, obradi i interpretaciji podataka, kao i obaveštavanju odgovarajućih organa, jedinica i ustanova.

U izgradnji ovog sistema, pored specijalizovanih organa u oružanim snagama, vanrednu ulogu trebalo bi da ima potencijal civilnog sektora koji u miru radi iste ili slične zadatke, odnosno može se, s obzirom na prirodu posla, efikasno angažovati u tu svrhu. To su, u prvom redu, razni nuklearni i hemijski instituti, zavodi, laboratorije, organizacije meteorološke i hidrometeorološke službe, itd., koji bi svojim kadrovima, znanjem, iskustvom, materijalnim sredstvima i dr., morali da ostvare značajnu ulogu u organizaciji i sprovođenju ove kontrole, kao i u preduzimanju raznih mera zaštite. Razumljivo je da treba sve te mogućnosti sagledati još danas i stručno, organizacijski i materijalno, osposobiti sve odgovarajuće organe, organizacije i ustanove za izvršenje ovih zadataka u miru i ratu. To je, nesumnjivo, najpogodniji put za rešavanje problema radiološke kontaminacije teritorije, čime bi se stvorile osnove da se prebrode navedene opasnosti.

Pukovnik  
Ivan FRANKO