

**Global Fire Monitoring Center (GFMC)**  
**Ukrainian Institute of Agriculture Radiology (UIAR)**  
**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (NUBiP of Ukraine)**  
**Regional Eastern European Fire Monitoring Center (REEFMC)**  
**Green Cross Switzerland**

## **NAJBOLJI PRAKSE I PREPORUKE ZA PODRŽAVANJE DIVLJIH POŽARA U KONTAMINIRANIM OBLASTIMA, SA FOKUSOM NA RADIOAKTIVNOM TERENU**

**Od:**

**Johan Georg Goldamer, Globalni Centar za Upravljanje Požarima (GCUP)**

**Valerij Kašparov, Ukrajinski institut za poljoprivrednu radiologiju, Nacionalni univerzitet životnih i prirodnih nauka Ukrajine**

**Sergij Zibcev, Regionalni Centar za nadgledanje požara u Istočnoj Evropi (RCNPIE), Nacionalni univerzitet životnih i prirodnih nauka Ukrajine**

**Stefan Robinson, Žvajcarski Zeleni Krst**

**Frajburg – Bazel – Kijev – 2014**

**Naručilac**



**Organization for Security and  
Co-operation in Europe**

## Sadržina

Izvršni rezime .....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
1. Uvod .....	5
1.1 Posebne karakteristike Černobilske Zone isključenja sa stanovišta rizika od požara vegetacije .....	5
2.1 Izazovi za donosioce politike .....	9
2. Opasni faktori za vatrogasce koji potiskuju vegetacijske požare zbog kontaminiranog terena i potencijalno negativnih efekata na zdravlje .....	10
2.1 Toplina .....	10
2.2 Hemijski elementi .....	11
2.3 Dim .....	12
2.4 Radijacija .....	14
2.5 Eksplozivi .....	20
3. Utvrđivanje potreba i vrstu opreme za ličnu zaštitu radi bezbednog gašenja vegetacijskih požara na kontaminiranom terenu.....	21
3.1 Radioaktivna kontaminacija .....	21
3.1.1 Lična zaštitna oprema za zaštitu od zračenja .....	22
3.1.2 Instrumenti za merenje zračenja i monitoring radijacije .....	25
3.1.3 Organizaciona pitanja .....	25
3.2 Hemija kontaminacija .....	29
3.3 Eksplozivi.....	30
3.3.1 Standardna lična zaštitna oprema (LZE) za neopasne situacije .....	30
3.3.2 Lična zaštitna oprema (LZO) za borbu protiv požara na terenu sa visokim rizikom od eksplozija....	33
4. Oprema za kontrolu vatre i najbolja i najsigurnija praksa vatrogasne zaštite na kontaminiranom terenu..	34
4.1 Radioaktivna kontaminacija .....	34
4.1.1 Dekontaminacija .....	34
4.2.1 Konačno odlaganje.....	36
4.2 Hemija kontaminacija .....	36
4.3 Eksplozivi .....	37
4.3.1 Terenski radovi sa oklopnom opremom .....	39
4.3.2 Bespilotna letelica/sistem (BL/BS) za kontrolu i koordinaciju rada .....	40
5. Zaključci i preporuke .....	41
Reference .....	43
Aneks .....	47

## IZVRŠNI REZIME

Više od 1250 požara šuma i travnjaka dogodilo se tokom 1993-2014 u zoni isključivanja u Černobilu. Najveća vatra u 1992 god. opožarila je 17 000 ha visoko kontaminovanog zemljišta i zahtevalo je stotine vatrogasaca za njeno suzbijanje. Požari u kontaminiranom okruženju stvaraju dodatni nestandardni rizik za vatrogasce i može imati negativne zdravstvene utjecaje na vatrogasce i na lokalnu populaciju. U Evropi se nalaze tri glavna tipa kontaminiranih sredina:

- vegetacija zagađena radioaktivnošću kao posljedica nesreća u nuklearnim elektranama, kao što su teritorije zagađene nakon havarije nuklearne elektrane Černobil u 1986 god.;
- vegetacija oko hemijskih i industrijskih postrojbi kontaminirana redovnim emisijama ili kao posljedica nesreća, ili kao kolateralna šteta nastala usled oružanih sukoba;
- zone kontaminirane neeksplođiranim municijom u regionu bivših i sadašnjih oružanih sukoba ili aktivnih i napuštenih vojnih vežbi i poligona.

Organizacija za evropsku bezbednost i saradnju (OEBS) je naručila od Globalnog centra za nadgledanje požara (GCNP), Ukrajinskog instituta za poljoprivrednu radiologiju i Regionalnog centra za kontrolu požara u Istočnoj Evropi (RCKPIE) Nacionalnog univerziteta životnih i prirodnih nauka Ukrajine, i Zelenog Krsta Švajcarske da identifikuju i razmotre posebne mjere za upravljanje požarima, a naročito sredstva za ličnu zaštitu vatrogasaca, za sigurno suzbijanje požara u navedenim sredinama. Glavni razlog ovog izveštaja jeste činjenica da su metode i alati za efikasnu i sigurnu supresiju požara nad kontaminiranim terenom slabi. Dok je napredna zaštitna oprema dostupna za sprječavanje i borbu protiv požara u kontaminiranim ili drugim opasnim strukturama, kao što su nuklearni i hemijski objekti ili skladišta municije, njegova upotreba za kontrolu proširenih požara u velikoj meri je ograničena i uglavnom nije moguća. Međutim, neki principi i tehnologije koje se koriste u upravljanju požarima opasnih materija (HAZMAT) mogu se primijeniti za specifične uslove upravljanja požarima u zoni isključivanja u Černobilu, naročito tokom suzbijanja požara u blizini lokacija za skladištenje radioaktivnog otpada. Iskustva stečena u kontroli požara preko terena zagađenih neeksplođiranim ubojnim sredstvima i kopnenih mina mogu se koristiti za gašenje požara preko radioaktivno zagađenog terena i omogućiti bolju ličnu sigurnost. Ovaj izveštaj pruža pregled najsavremenijih praksi i opreme za sigurno suzbijanje požara u kontaminiranim područjima i sadrži preporuke za poboljšanje radioaktivne sigurnosti za vatrogasce. Što se tiče radioaktivne sigurnosti vatrogasaca, izveštaj uključuje:

- kompilaciju najboljih praksi i smjernica za suzbijanje vatre na kontaminiranom terenu;
- analizu procene radioaktivne doze tokom širenja požara;
- procjenu najboljih praksi za smanjenje izlaganja zračenju tokom gašenja požara i izradu preporuka za ličnu sigurnost.

Zaključeno je da je kontrola požara na kontaminiranom terenu izuzetno opasno i teško. Zbog toga se investicije moraju prioritizovati kako bi se obezbedila odgovarajuća oprema i povećala spremnost i mogućnost za bezbednu i efikasnu kontrolu požara sa ciljem smanjenja primarnih i sekundarnih opasnosti za vatrogasce i civilno stanovništvo.

Navedene su sledeće preporuke:

1. Posebne mjere za upravljanje požarom, taktike i sredstva za ličnu zaštitu kao i trebaju biti identifikovane odgovarajuće službe za praćenje zdravlja i zaštite životne sredine, prilagođene i korištene za sigurno suzbijanje požara u navedenim sredinama.
2. Glavne opasnosti po zdravlju vatrogasaca stvara dim od požara koji gori u vegetaciji zagađenom radionuklidima i hemikalijama. Kao posljedica toga, rukovodstvo mora da primjenjuje korištenje

- sredstava za zaštitu disanja, kao i da definira i sprovodi rokove izlaganja vatrogasaca na osnovu radioaktivnih i hemijskih rizika i prevladavajuće korištenje taktika indirektnog napada tokom suzbijanja.
- 3. Potrebni su planovi za kratkoročno i dugoročno smanjenje opasnosti od požara i upravljanja gorivom (upravljanje zapaljivim materijalima). Trebalo bi se razviti strategija za upravljanje i tretiranje prikupljenog radioaktivnog drveta, uključujući specijalna postrojenja za spaljivanje radioaktivnih komada drveća vezano za solidifikaciju nuklearnog otpada i kapaciteta za dugotrajno skladištenje. Bez takve dugoročne strategije, teško će se upravljati šumama i smanjiti rizici od požara samo preku uklanjanja mrtvog drveća.
  - 4. Osoblje vatrogasnih službi u područjima sa opasnostima od nuklearne ili hemijske kontaminacije treba pravilno obučiti i opremiti za borbu protiv požara i razumjeti ove nestandardne opasnosti. Uprani sistem podrške za suzbijanje požara i sisteme za praćenje iz vazduha bi omogućile nadređenom komandiru da kontroliše vreme izloženosti vatrogasaca na liniji vatre sa stanovišta usklađenosti sa pojedinačnim normama radioaktivne i hemijske sigurnosti.
  - 5. Firefighting in terrain contaminated by unexploded ordnance (UXO) and landmines require different means of PPE and equipment that ensures personnel protection against ballistic impacts of exploding ammunition. Several options are provided.
  - 6. Za sve vrste kontaminiranog terena, rano otkrivanje, nadgledanje i kontrola požara zahtevaju napredna rješenja koja će smanjiti rad na licu mjesta i prisustvo ljudi. Daljinsko rano otkrivanje požara (automatizovana i autonomna radna oprema za brzo otkrivanje vegetativnog vatrogasnog dima ili toplotne) i bezmotornih, daljinski kontrolisanih ili autonomno upravljenih terenskih vozila ili vazdušnih sistema (AUV/AVS) obezbeđuje značajno smanjenje zdravstvenih opasnosti, povreda ili smrtnih slučaja kod vatrogasaca. Najnaprednija rešenja za bespilotne letelice i terenska vatrogasna vozila zaslужuju posebnu pažnju za upotrebu u praksi.

## 1. UVOD

### 1.1 Posebne karakteristike Černobilske Zone Isključenja sa stanovišta opasnosti od požara vegetacije <sup>1</sup>

High intensity, wide scale and diversity of modern anthropogenic activities and land use have seriously changed the fire environment by different kinds of contamination that pose additional, unprecedented risk factors to firefighters suppressing vegetation fires. From the viewpoint of vegetation fire management in the Chernobyl Exclusion Zone (ChEZ) three main cases of contamination should be taken into account for improving personal safety: radioactive, chemical and explosives. In all abovementioned cases different factors pose risks to the health of firefighters that need to be taken into account for proper training and preparedness of fire brigades, selection of personal protection means and decision making on strategies and tactics of fire suppression that will prioritize and guarantee personal safety.

Nuclear incidents with high environment contamination have a very significant impact on the fire environment. Since the 1950s, three major nuclear incidents have led to wide-scale radioactive contamination of the environment: releases from the Mayak Production Association in the region of Chelyabinsk (Southern Ural Mountains), Russia (Trabalka et al., 1980); the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP), USSR (1986); and the Fukushima NPP (2011) (Steinhauser et al., 2014). In the last two cases, exclusion zones were established for the most contaminated areas around the damaged reactors. The Chernobyl disaster case is the most dangerous and problematic one from the viewpoint of fire management due to the large scale, high levels and long-term nature of contamination. Most of the contaminated areas covered with fire prone Scotch pine forests and grasses are located on the territories of Ukraine, Belarus and Russia. The rapid growth of numbers of newly constructed nuclear energy facilities, particularly in the Asia-Pacific Area, leads to an increasing probability of accidents in the future and therefore calls for better documentation of available experience of the management of existing radioactive contaminated territories.

Veliki intenzitet, širok razmjer i raznovrsnost modernih antropogenih aktivnosti i upotreba zemljišta ozbiljno su promenili vatrogasnu atmosferu različitim vrstama kontaminacije, što predstavlja dodatni faktor rizika za vatrogasce koji potiskivaju vegetacijske požare. Sa stanovišta vegetacije, upravljanje požarom u zoni isključenja u Černobilu (ČZI) treba uzeti u obzir tri glavna slučaja kontaminacije radi poboljšanja lične sigurnosti: radioaktivnih, hemijskih i eksplozivnih. U svim navedenim slučajevima različiti faktori predstavljaju rizik po zdravlje vatrogasaca koji se moraju uzeti u obzir za odgovarajuću obuku i spremnost vatrogasnih brigada, odabir sredstava za ličnu zaštitu i donošenje odluka o strategijama i taktikama supresije požara koja će dati prioritet i garantovati ličnu sigurnost.

Nuklearni incidenti sa visokom kontaminacijom životne sredine imaju veoma značajan uticaj na vatrogasnu sredinu. Od 1950-ih, tri glavna nuklearna incidenta dovela su do širokog opsega radioaktivnog zagađenja životne sredine: ispuštanja iz proizvodnog udruženja Mayak u regionu Čeljabinsk (Južne Uralske planine), Rusija (Trabalka i ostali., 1980); Nuklearna elektrana Černobil (NEČ), SSSR (1986); i Nuklearna elektrana Fukušima (2011) (Steinhauser i saradnici, 2014). U zadnja dva slučaja uspostavljena su isključive zona za najosetljivije površine oko oštećenih reaktora. Slučaj katastrofe u Černobilu je najopasniji i problematičniji sa stanovišta upravljanja požarom zbog velikih razmera, visokih nivoa i dugoročne prirode kontaminacije. Većina zagađenih područja pokrivenih vatrenim ožiljcima Škotske borove šume i trave nalaze se na teritoriji Ukrajine, Belorusije i Rusije. Brzi rast broja novoizgrađenih objekata za nuklearnu energiju, posebno u azijsko-pacifičkom

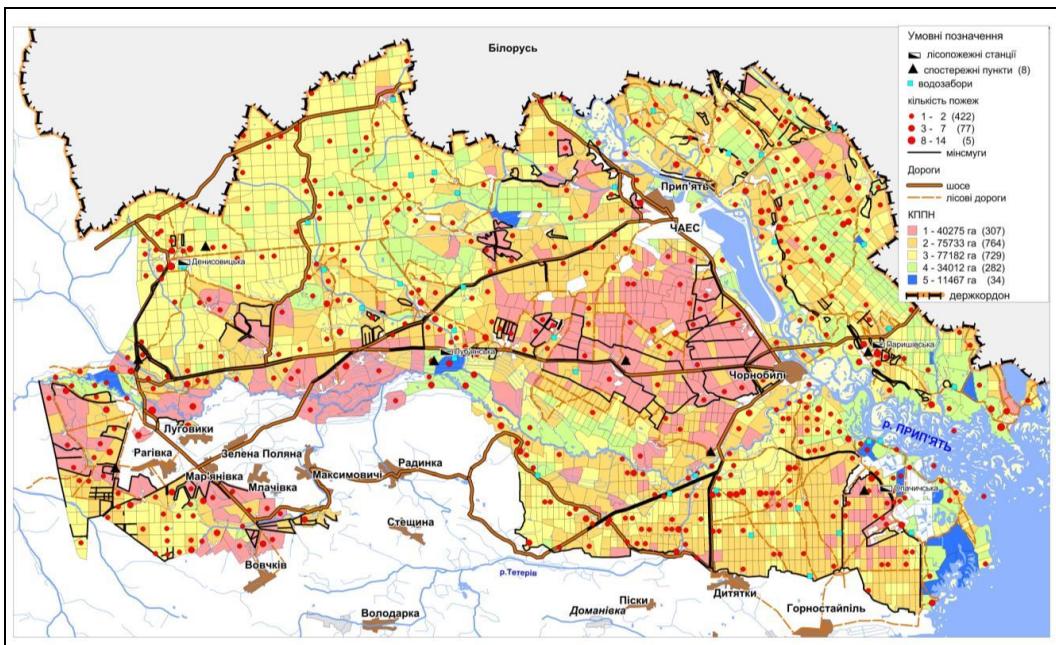
---

<sup>1</sup> Autor: S. Zibcev

području, dovodi do povećane vjerovatnoće nesreća u budućnosti i stoga zahteva bolju dokumentaciju o raspoloživom iskustvu upravljanja postajeći radioaktivno zagađenim područjima.

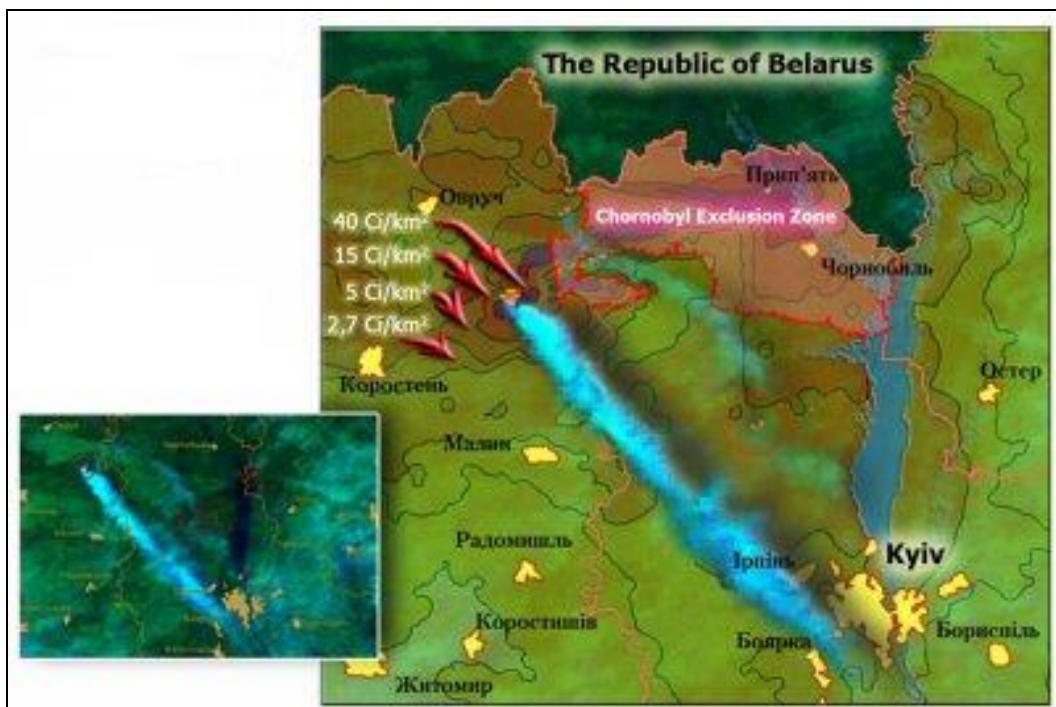
Aktuelni vatrogasni režim i rizici u zoni isključenja u Černobilu (ČZI) određuju se prema izvoru paljenja, vrste vegetacije, njihova distribucija i dinamika, kao i intenzitet i aspekti upravljanja šumama i požarom. Nedavno su klimatske promene postale još jedan važan faktor koji ne dozvoljava predviđanje ozbiljnosti maksimuma i posledica požara. Dodatni faktori koji se trebaju uzeti u obzir prilikom suzbijanja su intenzitet radioaktivne i hemijske kontaminacije zemljišta, vegetacije i ostataka koji određuju nivo kontaminacije dima i uticaj na ličnu sigurnost.

Režim specijalnih dozvola uspostavljen je posle katastrofe 1986 godine koja je delimitirala 10 kilometarsku zonu koja je bila najviše kontaminirana, kao i 30-kilometarsku zonu oko ČZI-ja. Kasnije je ZI proširena prema zapadnoj strani i trenutno pokriva površinu od 260.000 ha. Trenutno je oko 60-70% ZI ograđeno, dok su ostali slobodno dostupni, čime se stvaraju povoljni uslovi za ilegalni prelazak vozila ili posjetilaca na teritoriju ZI. Kako bi se izbjegla nelegalni ulaz posjetilaca, policija redovno patrolira perimetrom, što i dalje nije vrlo efikasno u održavanju režima isključivanja. Više od 1250 vegetacijskih požara različitih vrsta, ozbiljnosi i stepena je zvanično registrovano u ČZI-ju od 1993 do 2014-te godine. Najteži požari su se dogodili u augustu 1992 godine kada je do 17.000 ha travnih i šumskih požara (uključujući krunsku vatru sa površinom od više od 5.000 ha) spaljeno na celoj teritoriji ČZI-ja, obuhvatajući i najkontaminirani deo jezgra (Slika 1).

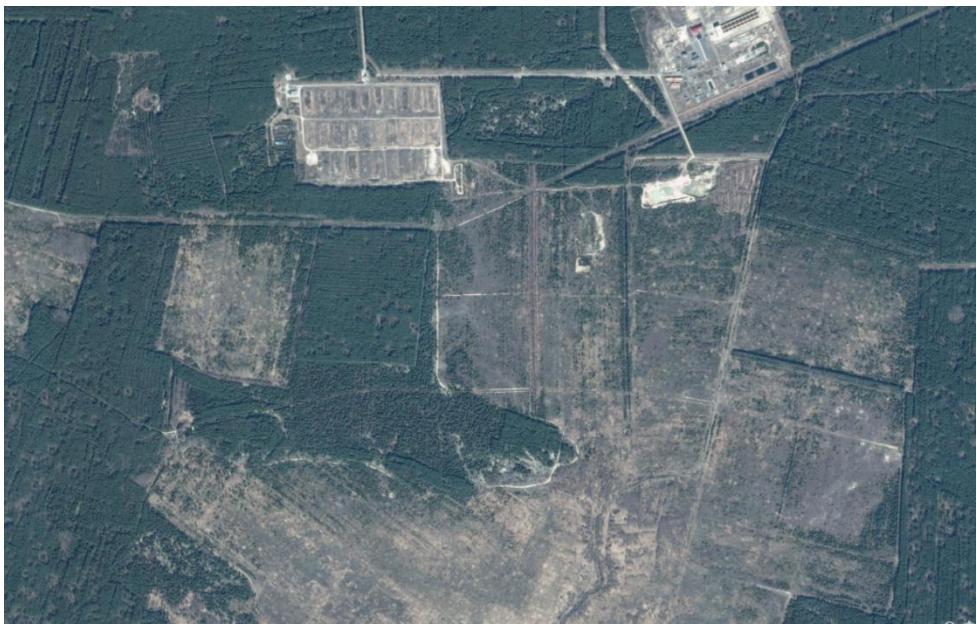


Slika 1. Lokacije požara i raspodela zemljišta ČZI prema ukrajinskim klasama opasnosti od požara

Satelitske slike u maju 2003 godine prikazuju brojne šumske požare u ČZI i okolnim teritorijama sa različitim nivoima kontaminacije, što je dovelo do radioaktivnog dima prema gradu Kijevu (Slika 2). Vegetacija u ČZI je mozaik šuma (65%) i travnjaka koja su podložna vatri tokom svih godišnjih doba, a maksimalna opasnost od požara je u aprilu-maju i avgustu (Slika 3).



Slika 2. Požari gore u i oko ČZI na teritorijama sa različitim nivoima kontaminacije, kao i dim prema Kijevu



**Slika 3.** Tipične vrste vegetacije koje su podložne vatri u ČZI: borove šume i travnjaci sa prirodnom regeneracijom drveća. Nuklearni objekti nalaze se u šumskim teritorijama.

Zbog odsustva bilo kakve upotrebe zemljišta u ČZI, dinamika većine vrsta vegetacije prati tipične nasumične puteve koje dovode do intenzivne akumulacije goriva. Velike površine plodova srednjih godina čistih borova uništavaju se od bolesti i insekata, a zatim ostaju prenatrpane velikim brojem površinskih goriva zbog odsustva razređivanja (Slika 4). U mnogim slučajevima ovo je rezultiralo stvaranjem nove generacije šuma koje su više podložne požaru zbog većih neprekidanih površina vertikalnih goriva u poređenju sa prethodnim vertikalnim generacijama (Slika 5).

Nedostatak redčenja u ČZI (manje od 10% potrebnih nivoa) određuje prenatrpanost borovih šuma na celoj teritoriji i povećava rizik od požara visokog intenziteta, krunskih požara i velikih požara. Postojeći kapaciteti, struktura i lokacija za upravljanje požarima ne odgovaraju ovoj visokoj opasnosti od požara i neće garantovati brzi odgovor i efikasno suzbijanje u slučaju kritičnih vremenskih uslova. Evo primera, recimo jedna vatrogasna stanica sa 2-3 vatrogasna vozila i do 5-7 vatrogasaca ima odgovornost za površinu veću od 65.000 ha, dok izvan ČZI, vrednost područja odgovornosti je 15-20 puta manja (3-5.000 ha). Samo oko 70% površine pokriveno je sistemom za otkrivanje požara (tornjevi sa posmatračima). Skoro 23.000 ha požarnih šuma u ČZI-ju nije dostupno vatrogasnim kamionima ili vatrogasnim jedinicama uopšte. Svi navedeni faktori određuju visok rizik za ličnu sigurnost vatrogasaca, što zahteva posebnu pažnju na svoju opremu za ličnu zaštitu (OLZ), korištenje posebne opreme, kao i strategiju i taktiku vatrogasaca.



**Slika 4.** Borovske šume (55 godina) uništene insektima što dovodi do velikog opterećenja na površini (Leliv šumski rendërski reon, 10 kilometarska zona).



**Slika 5.** Visokorizični požarni kompleks vertikalnih, dobro strukturiranih borovih šuma oštećenih snežnim padavinama sa prirodnom regeneracijom bora.

## 1.2 Izazovi za donosioce politike<sup>2</sup>

U svijetu postoji samo nekoliko zemalja koje imaju sistemski prilaz rešavanju problema posledica požara na terenu kontaminiranog radionuklidima, hemikalijama i oružjem - bilo da su to relevantne politike ili tehnologije. Zbog toga je 2009-te godine započeo međunarodni dijalog o "Opasnim požarima na zagađenom terenu". Međunarodni seminar je stvorio novi istoriju suočavajući se problemom "Požari i ljudska sigurnost: Upravljanje požarom na terenu zagađenom radioaktivnošću, neeksplodiranim uredima (NUS) i mina" (oktobar 2009, u Kijevu i Černobilu, Ukrajina). To je obezbedilo nove uvide o pojavi i problemima nastalih zbog požara na radioaktivnom zagađenom terenu u Eurajjskoj bioti. Najteži problemi su na teritoriji Ukrajine, Rusije i Belorusije, koji su bili visoko kontaminirani zbog havarije Reaktora 4 Černobilske nuklearne elektrane. Tragovi radioaktivnosti iz Černobila nalaze se u emisijama iz požara u Sibiru i Centralnoj Aziji i transportuju se na dalekosežnom i međudržavnom nivou. Incidenti širom svijeta u SAD-u pretili su objektima za nuklearne testove, ali do sada nisu rezultirali ozbiljnom kontaminacijom.

Izvestaji iz posleratnih zemalja otkrili su veličinu neeksplodirane municije i kontaminacije minama u šumama i drugim teritorijama. Izveštaji o paljenju požara u bivšim vojnim vežbama i poligonima otkrivaju da su neeksplodirana ubojna sredstva potencijalno veoma opasna i da su u više navrata rezultirali žrtvama vatrogasaca.

Seminar je pozvao domaćina - vladu Ukrajine - i pokrovitelja seminara, Globalni centar za nadgledanje požara (GCNP), Savjet Evrope (SE), OEBS/ENVSEC, UNISDR Regionalna Jugoistočna Evropa/Kavkaz i Centralno Azijska mreža požarnih reona i UNECE/FAO tim specijalista za šumske požare kako bi se rešili problemi. "Černobilска rezolucija o šumskim požarima i ljudskoj sigurnosti iz 2009 godine: izazovi i prioriteti za rešavanje problema požara na terenu kontaminirana radioaktivnošću, neeksplodiranim uredima (NUS) i kopnenim minama" preporučuje da se razviju politike i prakse vezane za upravljanje požarima na zagađenom terenu.<sup>3</sup> Od tada su poduzeti odlučujući koraci da se istraže metode i tehnologije za rešavanje požara na kontaminiranom terenu.

<sup>2</sup> Autor: J.G. Goldammer

<sup>3</sup> Vidjeti rezime priloga i Černobilsku rezoluciju objavljenu u UNECE / FAO (IFFN) Vesti o međunarodnim šumskim požarima br. 40 (2010), str. 76-113. ([http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/iffn\\_40/content40.htm](http://www.fire.uni-freiburg.de/iffn/iffn_40/content40.htm))

## **2. OPASNI FAKTORI ZA POŽARNIKARE KOJI GAŠU VEGETACIJSKE POŽARE NA KONTAMINIRANIM TERENIMA I MOGUĆI NEGATIVNI EFEKTI PREMA ZDRAVLJU**

### **2.1 Toplina<sup>4</sup>**

Toplina je jedna od glavnih pretnji za zdravlje vatrogasca tokom supresije požara. Veliki broj studija je izvedeno kako bi se proučavale fiziološke reakcije tela na kontinuirano izlaganje toploti različitih nivoa intenziteta (Adolf, 1947. Kadi i saradnici, 2008, Hendri i saradnici, 1997. Rubi i saradnici, 2003. Šarki, 2004). Najveća ugroženost vatrogasaca od toplotnog udara počinje kada je odnos između prijema topote i gubitka topote van balansa. Kao rezultat, može doći do velikog broja ozbiljnih povreda i bolesti, posebno grčeva, toplotne iscrpljenosti i toplotnog udara. Simptomi i faktori gore pomenutih povreda izazvanih toplotom opisali su Domitrović i Šarki (2010).

Topotni grčevi se odvijaju tokom i nakon suzbijanja u rukama i nogama. Glavni uzrok je dehidracija i disbalans elektrolita. Primećuju se dehidracija, znojenje, grčevi u mišićima i zamor. U tom slučaju, vatrogasac se treba sprešiti od preuyimanja bilo kakvih aktivnosti. Za oporavak preporučuje se: odmor u senci kako bi se isključila povreda mišića, rastezanje i masaža dotičnih mišića, provera količine vode koju je vatrogasac konsumirao. U slučaju dehidracije, preporučuje se i neubrzana konsumacija sportskih napitaka sa elektrolitima i ugljenim hidratima i/ili slane hrane. U većini slučajeva, zaštićeni vatrogasci će moći da se vrate na posao tokom smjene nakon što su pravilno rehidrirani i imali malo odmora.

Kada kardiovaskularni sistem nije u stanju da održava adekvatnu cirkulaciju krvi i vode, obično se posmatra toplotna iscrpljenost. Obično se vatrogasac ne oseća dovoljno jakim da se bori protiv vatre oko vatrogasne linije. Sa fiziološkog aspekta, uticaj na toplotu stimuliše znojenje, praćeno smanjenjem vode i elektrolita i smanjenjem ukupnog volumena krvi. Kao rezultat, to radikalno smanjuje sposobnost krvi da transportuje kiseonik i hranljive materije u mišićima. Simptomi su ozbiljniji i obuhvataju dehydrataciju, glavobolju, veliko znojenje, omalost ili vrtoglavicu, mučninu, hladnu, glatku kožu, umor ili slabost. Koraci potrebni za oporavak uključuju sledeće: povlačenje vatrogasca iz linije vatre, odmaranje u hladu, sklanjanje vatrogasne odeće, ležanje i podizanje nogu vatrogasca. Potrebno je pratiti brzinu srca, krvni pritisak, brzinu disanja i nivo budnosti. Ako vatrogasac može bezbedno progutati i ne povraćati - polako dajte mu tečnosti. Većina vatrogasaca sa blagim iscrpljenjem toplotne oporavljaće se bez potrebe za smještaj u zdravstvenoj ustanovi ako prestanu sa radom, ali se ne trebaju vratiti na posao prije nego 24-48 sati. Vatrogasci sa ozbiljom iscrpljenosti od vatre trebalo bi da posete lekara.

Topotni udar može imati mnogo ozbiljnije efekte. Karakteriše ga gubitak sposobnosti tela da koristi svoj sistem regulacije temperature. Topotni udar je opasan po život. Kao rezultat toplotnog udara, temperatura tela se povećava iznad 40°C. Topotni udar utiče na funkciju ćelija i rezultira u oslobađanju citokina koji prekidaju celularnu komunikaciju, uzrokujući lokalnu ili celovitu inflamaciju. Među tipičnim simptomima su iracionalno ponašanje, gubitak budnosti, slabost, vruće, vlažne ili suve kože, tahikardija sa stopama višom od 100 pri odmaranju. Krvni pritisak se smanjuje dok se hiperventilacija povećava. Neposredne akcije moraju uključivati: oslobađanje vatrogasca sa posla, postavljanje vatrogasca u senci, uklanjanje vatrogasne odeće, uranjanje vatrogasca u vodu (u vodotoku ili rezervoaru za vodu). Vatrogasac mora odmah biti evakuisan sa linije vatre, pod pretpostavkom da se to može obaviti na bezbedan način. Vraćanje na posao, najranije, može se dogoditi nakon jedne nedelje nakon pregleda doktora i rehabilitacije.

Sumirajući gore navedeno, potrebno je naglasiti da je pri gašenju požara u zagađenom okruženju, **toplina je uglavnom mali faktor koji utiče na zdravlje vatrogasaca u poređenju sa kontaminiranim dimom koji direktno**

<sup>4</sup> Autor: S. Zibcev

**utiče na respiratorne organe (radioaktivne, hemijske) ili eksplozivi koji direktno utiču na fizički život.** Prema tome, vatrogasci moraju biti svesni i obučeni kako bi se izbegao toplotni stres, ali najviše pažnje treba usmeriti na zaštitu od dima, zračenja i eksplozije.

## 2.2 Hemijski elementi<sup>5</sup>

Postoje brojna proširena istraživanja posvećena pitanju kontaminacije požarnog dima vegetacije (PDV) različitim hemijskim elementima i gasovima (Keli, 1992; Reh i Dithman, 1992; Lako, 1995, Uord, 1999; McDonald i saradnici, 2000, Muraledharan i saradnici, 2000. Heil i Goldamer, 2001. Šauer i saradnici, 2001. Uord and Smit, 2001. Radojević, 2003. Buz i saradnici, 2004. Miranda, 2004. Rajnhart i Otmar, 2004. Kopmann i saradnici., 2005; Stateropoulos i Karma, 2007; Bitnerovic i saradnici., 2009; Goldamer i saradnici, 2009).

Prema najnovijim studijama, požarni dim vegetacije uključuje mnoštvo elemenata i njihovih kompozicija. Među njima najvažnije su vodena para, trajni gasovi, isparljiva organska sjedinjenja (IOS), polu-volatile organska sjedinjenja (PVOS) i različite čestice. Stalni gasovi su CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> i NH<sub>3</sub>. Zbog obično niske koncentracije sumpora, SO<sub>x</sub> je relativno mali rizik po zdravlje. Ali, u isto vreme, ako vegetacija raste na zemljištu sa visokim sadržajem hemijski dostupnog sumpora (oba prirodnog [vulkanskog] ili veštačkog [kontaminiranog zemljišta u blizini elektrana za paljenje uglja i drugih industrijskih kompleksa]), ispušte se velike količine sumpornih jedinjenja. Na primer, značajne koncentracije SO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S su proizvedene tokom paljenja požara u Nacionalnom parku Jelostoun. NH<sub>3</sub> je otkriven u požarima u Savanama. Identifikovan je odnos emisije NH<sub>3</sub> u odnosu na CO<sub>2</sub> i utvrđen je na niskim nivoima; NH<sub>3</sub> se uglavnom emituje tokom pritiska, a ne tokom faze plamenog sagorevanja.

Metan i različite IOS su aktivno formirani tokom požara. Naročito su identifikovane takve hemikalije kao što su alkani, alkeni i alkini, koji se privremeno pojavili tokom stvaranja etana, heptana, dekana, propena, acetilena i drugih gasova. Opasniji za zdravlje su benzen i alkilbenzeni, naročito toluen, ksilen i etil-benzen. Interakcija pomenutih hemikalija sa kiseonikom tokom procesa sagorevanja rezultira u stvaranju fenola, m-krezola, p-krezola, guajakola, aldehida (formaldehida, acetaldehida, benzaldehida), ketona uključujući aceton, sirćetnu kiselinu, benzolsku kiselinu, metil estar itd. Pored toga, tokom požara u borovim šumama, u proizvedenom dimu je detektovan hlorometan. Hlorometan je identifikovan kao najzastupljeni halogenirani ugljovodonik koji se emituje tokom sagorevanja biomase, koja se uglavnom sastoji od mrtvih i živih vegetacija. Među PVOS grupama, koje izazivaju požari vegetacije sa visokom količinom dima, najopasniji za zdravlje je benzo[a]piren.

Ako dođe do požara na zemljištu sa značajnim sadržajem soli, termička separacija atoma hlora iz molekula soli (NaCl) će tokom procesa hlađenja voditi do formiranja dioksina, jedne od najjačih poznatih supstanci koje stvaraju rak.

Tokom gorenja vegetacijskog požara, stvaraju se velike količine čestica različitih veličina. Uticaj čestica veoma zavisi od njihove veličine. U zavisnosti od intenziteta vatre i vrste vegetacije, veličine čestica mogu se razlikovati od grubih (> PM10) do finih (PM2.5, PM1, >PM1).<sup>6</sup> Sa hemijske tačke gledišta, čestice se sastoje od čestica ugljenika ili organskog ugljenika. Drugi, poznat kao crni ugljenik (čađ), proizvod je nepotpunog sagorevanja materijala i goriva baziranih na ugljenik (CEPA, 1999). Nedavno je proučavan dugoročni uticaj na arktički led sa crnim ugljenikom. **Uticaj dima na zdravlje u velikoj mjeri zavisi od temperature vatre. Tokom**

<sup>5</sup> Author: S. Zibtsev

<sup>6</sup> Particulate matter (PM) or particulates is microscopic solid or liquid matter suspended in the atmosphere. Subtypes of atmospheric particle matter include *suspended particulate matter (SPM)*, *respirable suspended particle (RSP)*; particles with diameter of 10 micrometers [ $\mu\text{m}$ ] or less), *fine particles* (diameter of 2.5  $\mu\text{m}$  or less), *ultrafine particles* (less than 100 nanometers [ $\text{nm}$ , or 0.1  $\mu\text{m}$ ] in diameter) and *soot* (impure carbon particles resulting from the incomplete combustion of a hydrocarbon).

**procesa sagorevanja nastaju topla isparenja.** Oni posljednji ulaze u interakciju sa hemikalijama u vazduhu, čime se formiraju nove čestice, obično ispod 0.1 µm u prečniku koji su posebno opasni za pluća. Proizvodi niske volatilnosti, uključujući i neke radionuklide, nukleiraju ili kondenzuju na površinama čestica, čineći čestice u opsegu veličine od 0.1-1.0 µm, što predstavlja dodatnu opasnost. Većina elemenata u tragovima, prirodnog ili antropogenog porekla, migrira se česticama tokom vegetacijskih požara, kao što su Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Rb, Sr, V, Pb, Cu, Ni, Br, Cr i dr. **Ovi elementi obično se koncentrišu u finoj frakciji i stoga lako stižu do pluća i krvnog sistema vatrogasaca.**

Tokom požara vegetacije u zoni od 5-6 km oko hemijskih industrijskih postrojenja (proizvodnja đubriva i dr.) mogu se formirati komplikovanje smeše u zavisnosti od intenziteta vatre. **U slučaju krunskih požara propraćenih visokim temperaturama, većina dima se podiže na gornje slojeve atmosfere i nivo hemijskog udara na vatrogasce je manji.** Nasuprot tome, **tokom niskih požara niskog intenziteta, većina dima ostaje u blizini tla i tako izlaže vatrogasce**, naročito sa strane širenja plamena. Druge vrste goriva i/ili materijala isto tako mogu doprinijeti hemijskim opterećenjima u dimu, kada se, na primer, požar vegetacije proširuje na bivše poljoprivredne njive, nuklearnoj infrastrukturi i mjesta skladištenja otpada. Ostali otpadni materijali zakopani u šume kao što su drvo, plastika, đubrivo mogu goriti, a materijali, kao što su prašak, cementna prašina, azbest ili gips i druga hemijska jedinjenja mogu se pojaviti u proizvedenom dimu. Ovo zahteva uzimanje u obzir prostornu raspodelu hemijske kontaminacije kada se razviju i primjenjuju taktike vatrogasaca.

### 2.3 Dim<sup>7</sup>

Prema definiciji, požarni dim vegetacije (PDV) je aerosol u obliku koloidnog sistema sastavljenog od mešavine disperzovane faze i čvrstih ili tečnih čestica u vazduhu (Džonson, 1999). Nivo opasnosti od dima po zdravlju vatrogasca zavisi od mnogih faktora i njihovih kombinacija. Prvo, to je samo hemijska toksičnost, praćena intenzitetom sagorevanja i nivoom, trajanjem i učestalošću izloženosti. Najteži uticaj na vatrogasce se odvija tokom napada plamena. Proširene analize i pregled glavnih opasnih faktora od dima data su u nekoliko publikacija (Malilej, 1998; Hejl i Goldamer, 2001; Radojević, 2003; Bitnerović i saradnici, 2009; Goldamer i saradnici, 2009). Neke pozadinske informacije o glavnim dimnim uzrocima su predstavljene ispod, koje treba uzeti u obzir prilikom organizovanja potiskivanja vegetacijskih požara i što je najvažnije na terenu sa hemijskom kontaminacijom.

Čestice u dimu su jedan od glavnih faktora koji utiču na aparat za disanje i zahtevaju opremu za ličnu zaštitu (OLZ). Čvrste komponente dima sa česticama respiratorne veličine lako migriraju unutar tijela pomoću vazduha za disanje. Kao što je pomenuto, čestice se razlikuju u dve kategorije: fine čestice sa prosečnim prečnikom od 0,3 mikrometra (µm) i grube čestice sa prosečnim prečnikom veće od 10 µm. Čak i pri niskim koncentracijama, fine čestice mogu izazvati promene funkcija pluća koje na duži rok mogu dovesti do veće mogućnosti razvoja respiratornih i kardiovaskularnih bolesti, uključujući astmu. Fine čestice obično utiču na alveole i koncentrišu se tamo. U uslovima kada pluća nisu dovoljno očišćena prirodnim putem, koncentracije visokih zagađivača mogu ući u krvotok ili ostati u plućima, što dovodi do hroničnih plućnih bolesti kao što je emfizem. Kao što je ranije pomenuto, hemikalije koje apsorbuju čestice u vazduhu sadrže brojne toksične elemente koji imaju značajne kancerogene efekte.

Uticaj dima na zdravlje direktno zavisi od veličine i vrste vegetacijskog požara. Prema procenama, čestice tokom vatre su proizvedene vrlo intenzivno - najmanje 0,6 tona u sekundi i viših nivoa, te stoga **uticaj na zdravlje zavisi od intenziteta vatre i smera vetra. 40 do 70% sitnih čestica sastoje se od organskog ugljeničnog materijala, koji sadrži poznate kancerogene materije.** 2-5% je grafitni ugljen; ostatak je neorganski pepeo. Čestice nose apsorbovane i kondenzovane otrove i slobodne radikale, na primjer, policiklične aromatične ugljovodonike (PAH). Njihovi efekti na zdravlje određeni su njihovim hemijskim sastavom, sastoje se od grupi organskih jedinjenja sa dva ili više benzenskih prstenova, kao što su metil

<sup>7</sup> Author: S. Zibtsev

antracen, piren, hrisen, benzo[a]antracen, fluroranthen i metilhrysen. Benzo[a]piren se smatra najkancerogenim jedinjenjem. Otkriveni požari niskog intenziteta (smjer vjetra) proizvode proizvoljnije količine benzo[a]pirena nego požari koji se pretvaraju u novo gorivo u pravcu prema kretanju vетра. Ova činjenica u suštini smanjuje mogućnost taktike suzbijanja i zahtijeva minimizirne vremena kojeg su vatrogasci izlaženi dimu čak i u slučajevima kada se koriste zadnjinske vatre. Karakteristike goriva utiču na proizvodnju PAH-a tokom sagorevanja. Emisija benzo[a]pirena se povećava dok gustoća žive vegetacije koja pokriva područje požara postaje gušća. **Pokazano je da su stope emisije PAH-a najveće za temperature u opsegu od 500-800°C** i bile su u skladu sa rezultatima iz studije PAH-a koje su oslobođene u požarima sa niskim intenzitetom.

**Ugljenmonoksid (CO) je glavni uzrok smrtnih slučajeva tokom vegetacijskih požara.** To se odnosi i na vatrogasce i civilno stanovništvo koje su ponekad uklješteni od vatre. Mehanizam uticaja na zdravlje ugljen-monoksidnog gasa vezan je za hipoksiju tkiva koja sprečava da krv nosi dovoljan kiseonik. Nivo pretnje zavisi od koncentracije. Niske i srednje koncentracije dovode do oštećenja mišića, glavobolje, sporih refleksa, smanjene ručne spretnosti, smanjene mogućnosti fizičkog vežbanja i pospanosti. Visoke koncentracije mogu izazvati smrtnost. Koncentracija ugljen monoksida se usko povezuje sa koncentracijom drugih jedinjenja u dimu, uključujući čestice i formaldehid. U većini slučajeva koncentracije CO zavise od intenziteta vatre i kreću se od 60 g/kg u požarima niskog intenziteta do više od 300 g/kg goriva potrošenog tokom požara velikog intenziteta. Među važnim faktorima koji određuju intenzitet emisije su vrsta vegetacije i sadržaja vlage. U svakoj zemlji postoji zvanični prag zdravstvenog rizika. U Ukrajini, ako je trajanje izloženosti manja od jednog sata, granica je 50 mg/m<sup>3</sup>, manja od 30 minuta - 100 mg/m<sup>3</sup> i manje od 15 minuta - manje od 200 mg/m<sup>3</sup>.

Aldehidi koji krenu u atmosferi tokom požara prvenstveno nadražuju mukoznu membranu. Najopasniji je formaldehid, koji može biti kancerogen u kombinaciji sa drugim hemikalijama kao što su PAH. Formaldehid i akrolein su glavni aldehidi oslobođeni tokom gorenja vegetacije. Formaldehid, koji je verovatno najobimno proizvedeno hemijsko jedinjenje ove klase, uzrokuje iritaciju očiju, nosa i grla tokom izlaganja dimu. Vrlo je verovatno da je akrolein irritant u dimu u blizini požarnih linija, sa koncentracijama od 0,1 ppm do 10 ppm u blizini požara.

Tokom aktivne faze vegetacijskog požara, formiraju se organske kiseline kao rezultat formaldehidne oksidacije. Zdravstveni efekti uglavnom uključuju iritaciju sluzokože. **Korišćenje vode za suzbijanje ili u uslovima velike vlažnosti može stimulisati proizvodnju takvih organskih kiselina kao mravlja kiselina, sirćetna kiselina i ostala.**

PVOS i IOS uzrokuju iritaciju kože i očiju, pospanost, kašalj i zviždanje. Najopasniji su benzen, benzo[a]piren, 1,3-butadien jer su genetski kancerogeni i njihov uticaj može imati dugotrajne kancerogene efekte na zdravlje vatrogasaca.

Jedan od najvažnijih hemijskih procesa koji utiču na zdravlje su slobodni radikali koji se intenzivno formiraju tokom vegetacijskih požara. Slobodni radikali, pre svega, migriraju u ljudska tkiva u roku od 20 minuta nakon gorenja i predstavljaju problem za vatrogasce izložene sveže formiranim aerosolima.

Dok se gorivo sagori tokom vegetacijskih požara, ozon je izuzetno reaktivni oksidant koji se formira u zoni disanja u blizini požarne linije. **U slučaju da koncentracije ozona prelaze dozvoljeni prag, on negativno utiče na funkcije pluća, što u suštini smanjuje otpornost na zarazne bolesti. Vatrogasci sa hroničnim respiratornim bolestima ne bi trebalo biti pozvani da se bore protiv požara u ovom slučaju.** Nekoliko sati intenzivne fizičke aktivnosti na vatrogasnoj liniji, čak i u

slučaju niske koncentracije ozona, ima negativne efekte: kako se ozon akumulira u tkivima, stopa disanja se povećava. U ovom slučaju ozon uzrokuje takve simptome kao što su kašalj, otežano disanje, višak sputuma, raspuklo grlo, iratcija u grlu, mučnina i poremećena funkcija pluća. U dugoročnom periodu, perspektivni uticaj ozona na zdravlje može se sastojiti od supresivnih funkcija pluća i hronične opstruktivne plućne bolesti.

Najveća opasnost od ozonskog udara odnosi se na travnate požare sa niskim plamenom u uslovima sunčeve svetlosti i kada je dim koncentrisan u dolinama ili na mestima sa temperaturnom inverzijom.

Neorganski elementi mogu uzrokovati određene efekte na zdravlje. Površinsko gorivo na teritorijama blizu velikih gradova ili oko industrijskih postrojenja obično je zagađeno od teških metala, posebno olova, azbesta i sumpora. Zdravstveni uticaj neorganskih elemenata je obično nizak, jer su prisutni u koncentracijama u tragovima u gorivom i česticama dima, ali istovremeno u velikoj meri zavisi od hemije spaljenih goriva i intenziteta vegetacijskog požara. Kako je većina krovova u ruralnim područjima Ukrajine napravljeno koristeći azbest, ovo jedinjenje je široko rasprostranjeno u površinskom gorivu i u vazduhu oko naseljenih mesta. Tokom vegetacijskih požara, azbestna vlakna se prenose dimom i proizvode sekundarno zagađenje životne sredine. Od ostalih elemenata u tragovima, kalijum se registruje u relativno visokim koncentracijama pre svega u slučajevima kada goru grane kod drveća. **U najvećem broju slučajeva migracija većine ovih elemenata u dišne puteve vatrogasaca može se u suštini smanjiti korišćenjem odgovarajuće OLZ, pre svega specijalnih maski za lice ili respiratorima.**

## 2.4 Zračenje<sup>8</sup>

Radioaktivnost je prirodna pojava i prirodni izvori zračenja su osobine životne sredine. Radijacija i radioaktivni materijal mogu biti i veštačkog porekla nakon nuklearnih i radioloških nesreća. Postoje tri glavna tipa zračenja nakon kontaminacije životne sredine, svaka sa različitim svojstvima i zdravstvenim stazama i uticajima:

- alfa ( $\alpha$ ) čestice: je radijacija čestica koja se sastoji od jezgara helijuma. Alfa čestice imaju nisku dubinu penetracije i mogu se zaustaviti od nekoliko centimetara vazduha ili kožom. Oni su glavni udio u opasnosti po zdravlju ako se udišu ili unose, jer velike ekspozicije mogu rezultirati u obližnjim tkivima, kao što su obloga pluća ili želuca.
- beta ( $\beta$ ) čestice: radijacija čestica koja se sastoji od visokoenergetskih elektrona. Oni imaju srednju dubinu penetracije, zaštitni materijali sa niskim atomskim brojem su efikasniji za zaustavljanje (plastika, staklo ili metal). Takav emiter uobičajeno ne prodire preko gornjeg sloja kože. Međutim, velike ekspozicije do visokoenergetskih beta emitera mogu izazvati opekotine kože. Beta čestice su glavni rizik za zdravlje ako se udišu ili прогутају.
- gama ( $\gamma$ ) zraci: je vrlo visoko energetsко elektromagnetsko zračenje s velikom dubinom penetracije, što zahteva potencijalnu masivnu zaštitu (npr. oovo). Gama zraci predstavljaju uglavnom rizik od spoljašnjeg zračenja unutrašnjih organa bez inhalacije ili gutanja.

Doze zračenja različitih veličina, isporučene u različitim količinama različitim delovima tela, mogu izazvati različite vrste zdravstvenog efekta u različitim vremenima. Količina energije koju nanosi jonizirano zračenje u jedinici mase materije, kao što je ljudsko tkivo, naziva se apsorbovana doza. Izražava se u jedinici koja se zove sivilo, simbol Gy (1 Gy=1 džul po kilogramu, 1 mGy=0,001 Gy). 1 Gy na tkivu od  $\alpha$ -zračenja je opasnije od 1 Gy od  $\beta$ - ili  $\gamma$ -zračenja, pošto su sporije i sa snažnijim nabojom, gube mnoštvo gustine svoje energije duž putovanju. Ekvivalentna doza je jednaka apsorbovanoj dozi pomnoženoj faktorima koji uzimaju u obzir relativnu efektivnost da bi se uzrokovala biološka oštećenja različitih tipova zračenja. This radiation-weighting factor is 1 for  $\beta$ - ili  $\gamma$ -zračenje i 20 - za  $\alpha$ -zračenje. Ekvivalentna dozna zove se Sievert, simbol Sv (1 Sv=1000 mSv=1000000  $\mu$ Sv). Na primer, prosečna ekvivalentna doza iz svih prirodnih izvora zračenja (nivo pozadine) je 0,1-0,3  $\mu$ Sv na sat. Takvi nivoi ekvivalentne doze primećeni su u Evropi i većini delova zone isključenja u Černobilu, uključujući i samo mesto Černobila. Sada su maksimalne vrednosti ekvivalentne doze na najviše zagađenim područjima (do 100  $\mu$ Sv na sat) u blizini ChNPP-a. Efekti izloženosti različitih ljudskih organa mogu biti veoma različiti, na primjer, zbog različite raspodele radionuklida u organizmu. Suma ponderisanih ekvivalentnih doza (ekvivalentna doza u svakom od glavnih tkiva i organa tela pomnožena sa faktorima pondera vezanim za rizik povezan sa tkivom ili organom) je količina koja se zove **efektivna doza**:

<sup>8</sup> Autori: St. Robinson (opasnosti po zdravlju) i V. Kašparov (unutrašnje i spoljašnje doze)

to nam omogućava da predstavimo različite ekvivalentne doze u telu kao jedan broj. Efikasna doza takođe uzima u obzir energiju i vrstu zračenja, i stoga daje široku indikaciju o štetnosti po zdravlje. Štaviše, on se jednakodno odnosi i na spoljašnju i unutrašnju izloženost i na jednoobrazna ili neuniformirana zračenja. Jedinica efikasne doze je takođe Sievert, simbol Sv (1 Sv=1000 mSv=1 000 000  $\mu$ Sv). Na primer, efektivna doza iz svih prirodnih izvora zračenja je u prosjeku 2,4 mSv godišnje.

Radijacije može uništiti molekule u telu, time ometajući pravilno funkcionisanje metabolizma. Ona takođe može generirati DNK modifikacije, koje mogu potencijalno imati dugoročne posledice. Odlikuju se dve vrste zračenja:

- kratkoročne posledice: pojavljuju se samo iznad granične ekvivalentne doze. Oštećenja su u funkciji doze apsorbovanog zračenja. To može obuhvatiti (u rastućem redosledu ozbiljnosti) glavobolje, povećan rizik od infekcija, nedostatak apetita, zamor, gubitak kose, sterilitet, dijareja, kolaps funkcija tijela, smrt. Ove vrste efekata nazivaju se deterministički efekti;
- dugoročne posledice: mogu se pojaviti godinama nakon što se apsorbuje mala efektivna doza. Prema postojećem znanju, ne postoji granična doza. Promene u DNK mogu dovesti do raka ili genetskih anomalija. Ove vrste efekata nazivaju se stohastički efekti. "Nominalni-prilagođeni štetni koeficijent opasnosti od doze", koji uključuje rizik od svih oblika raka i naslednih efekata, je 5% po sievertu (Sv).

Opasnost od zračenja za ljude i životnu sredinu mora se proceniti i kontrolisati primenom standarda sigurnosti (Međunarodni Osnovni bezbednosni standardi -OBS) pomoću granica doze za planirane situacije izlaganja kako bi se osiguralo:

- sprečavanje pojave determinističkih efekata kod pojedinaca izloženih zračenju;
- ograničenje na prihvatljivom nivou verovatnoće pojave stohastičkih efekata.

Za profesionalno izlaganje radnika starijih od 18 godina, granice doze su:

- efektivna doza od 20 mSv godišnje u proseku tokom pet uzastopnih godina (100 mSv za 5 godina) i od 50 mSv u bilo kojoj pojedinačnoj godini;
- ekvivalentna doza na oko 20 mSv godišnje u lećama očiju u proseku 5 godina uzastopno (100 mSv za 5 godina) i 50 mSv u bilo kojoj pojedinačnoj godini;
- ekvivalentna doza na ekstremitetima (rukama i stopalima) ili kože od 500 mSv godišnje.

Postoje dodatna ograničenja koja se odnose na izloženost radne sposobnosti ženskog radnika koji je obavijestio o trudnoći ili dojenju.

Za javno izlaganje, granice doze su:

- efektivna doza od 1 mSv u godini;
- u posebnim okolnostima može se primijeniti veća vrijednost efektivne doze u jednoj godini, pod uslovom da prosječna efektivna doza u toku pet uzastopnih godina ne prelazi 1 mSv godišnje;
- ekvivalentna doza sočiva od oko 15 mSv u godini;
- ekvivalentna doza na koži od 50 mSv u godini.

Efektivne granične doze primenjuju se na zbir relevantnih doza iz spoljne izloženosti u navedenom periodu i relevantne zavisne doze od unosa u istom periodu.

Različiti radionuklidi su posebno relevantni iz zdravstvene perspektive. U ČZI-ju dominiraju radijocijum ( $^{137}\text{Cs}$ ) i radiostranijum ( $^{90}\text{Sr}$ ), koji su beta emiteri, barijum ( $^{137m}\text{Ba}$ ), gama-emiter i plutonijum ( $^{238,239,240}\text{Pu}$ ) sa americijumom ( $^{241}\text{Am}$ ), što su alfa-emiteri. Brzina vanjske doze zavisi od gustine područja kontaminacije sa  $^{137}\text{Cs}$ . Koncentracija vazdušnih radionuklida tokom požara može se povećati. Udisanje alfa-emitujućih radionuklida ( $^{238,239,240}\text{Pu}$  i  $^{241}\text{Am}$ ) je glavni izvor internih doza zračenja. Odgovarajuća zaštita vatrogasaca uključuje:

- zaštita od inkorporacije čestica kroz usta, nos i oči (noseći maske za lice i zaštitnu odeću);
- zaštita od eksternog gama zračenja (ograničavanjem vremena boravka i smanjenjem radova izvan vozila što je više moguće); kao i
- neposrednu i ispravnu dekontaminaciju odjeće i opreme na kraju rada.

Zaštitne mere za smanjenje postojećih ili neregulisanih rizika od zračenja moraju biti opravdane i optimizovane.

Kao rezultat nesreće ČNE, zona isključenja od 30 km (ČZI) i zona apsolutne zabrane preseljavanja (ČAZP) ČNE-a primila je najveću radioaktivnu kontaminaciju. Očekuje se da će glavno radiološko opasnost u ovom i budućim decenijama biti srednja i dugotrajna radionuklida  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  (Tabela 1). U momentu oslobođanja, glavni deo  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  i  $^{241}\text{Am}$  sadržan je u matrici zračenja čestica iritiranog nuklearnog goriva - komponenti goriva černobilske radioaktivne padavine (Kašparov i sar., 2001; Kašparov i sar., 2003). Zbog ove činjenice, izgleda da su mape gustine kontaminacije ČNE-a u blizini zonskog područja sa radionuklidima slične (Slike 8 a, c, d).

Čestice goriva (ČG) formirane su kao rezultat disperzije nuklearnog goriva u trenutku inicijalne eksplozije i dalje oksidacije u vazduhu (Kurini i sar., 1993; Kašparov i sar., 1996). Gustina čestica goriva u rasponu od nekoliko do stotina mikrona dostigla je  $8\text{-}10 \text{ g/cm}^3$ . To je rezultiralo visokom stopom padavina ČG iz radioaktivnog oblaka i brzim smanjenjem radioaktivne kontaminacije od teških ČG-a zone nuklearne elektrane na daljinu.

Nasuprot teškim radionuklidima nuklearnog goriva, isparljivi visoko-mobilni  $^{137}\text{Cs}$  su isparavani uglavnom pri visokotemperaturnom žarenju nuklearnog goriva, a sledeća kondenzacija na različitim nosačima (kondenzovana komponenta radioaktivnog djelovanja u Černobilu); što je dovelo do prvenstveno raznolikog oblika radioaktivne kontaminacije terena (Slika 8b).

Gustina kontaminacije površine sa i-j radionuklidom u određenom trenutku ( $A_s^i$ ) je osnovna inicijalna informacija za procenu nivoa radioaktivne kontaminacije zapaljivog materijala i isparavanja radionuklida tokom sagorevanja; a isto kao i za izračunavanje ekvivalentne doze za spoljašnje zračenje i efektivne doze unutrašnjeg zračenja nastale usled inhalacionog unosa radionuklida u slučaju šumskih i livadskih požara.

Spoljna doza zračenja vatrogasaca stvara se uglavnom (više od 99%) gama-zračenjem od  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{mBa}$  sadržanih u leglu, šumskom postolju i vrhu, mineralnom sloju tla (Tabela 1). **Trenutno, legla borovih šuma može sadržavati do 50% aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i do 20% od  $^{90}\text{Sr}$  od ukupnog sadržaja biogeocenoze** (Ipatiev, 1999; Josčenko i sar., 1996; Šitjuk, 2011). Puna dubina legla četinarskih šuma karakteriše najveći kapacitet zadržavanja (do 50% aktivnosti), a tanke legla listopadne šume minimalno (manje od 1% aktivnosti). U sadašnjem vremenu, više od 75% radionuklidne aktivnosti u leglu je koncentrovano u sloj koji je povezan sa mineralnim slojem tla, odnosno u raspadanim ili poluplaniranim slojevima (Šeglov, 2000, Perevolotski, 2006).

Pored toga, trenutno se do 20% aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u zrelim borovim šumama može naći u šumskim stubovima (više od 50% u drvetu i oko 20% kod kore). Zajedno sa visokim sadržajem radiocesija u leglu, koji se karakteriše slabim zaštitom gama-zračenja, može značajno uticati na formiranje stepena ekvivalentnih doza (SED) za spoljašnje ljudsko zračenje (Kašparov, 2014).

U oblasti koja je homogeno kontaminirana od  $^{137}\text{Cs}$ , sadržaj SED-a u vazduhu takvih šuma može biti do 1,5 puta veći nego kod šuma i livada, gde se glavni dio radiocezijuma nalazi u gornjim mineralnim slojem zemlje od 5 cm.

Efektivna brzina doze od eksternog gama zračenja radionuklida ( $\mu\text{Sv}/\text{hr}$ ) koja se nalazi u 5 cm mineralnom sloju tla može se izračunati kao:

$$P_{ext} = 0.77 \cdot k \cdot \sum_{i=1}^6 A_s^i \cdot B_{s\gamma}^{i1}, \quad (1)$$

Gde 0.77 – faktor pretvaranja ekvivalentne doze u efektivnu dozu po odraslomu čoveku; k – zaštitni faktor jednak na k=1 na otvorenome, i k=0.1÷0.5 unutar transporta (traktor, auto i ostalo);  $B_{s\gamma}^{i1}$  – faktor doziranja jednak odnosu SED ( $\mu\text{Sv}/\text{hr}$ ) do gustine kontaminacije površine sa i-tim radionuklidom ( $A_s^i$ , kBq/m<sup>2</sup>) akumuliran u 5 cm mineralnom sloju tla (Ekerman i Rajman, 1993) - Tabela 1.

Očekivana efektivna doza eksternog gama zračenja  $D_{ext}$  ( $\mu\text{Sv}$ ) radionuklida sadržanih u sloju sloja 5 cm, tokom t časova za odrasle osobe, jednak je:

$$D_{ext}(t) = P_{ext} \cdot t. \quad (2)$$

**Doza unutrašnjeg zračenja za vatrogasce može se formirati usled inhalacionog unosa radionuklida kroz respiratorne organe.** U trenutku požara dolazi do visokih temperaturnog isparavanja radionuklida, a manji dispergovani radioaktivni aerosol se javlja usled stvaranja pepela i kondenzacije radionuklida na različitim nosačima (Jošenko i sar., 2006, Kašparov i sar., 2000). Sve ove činjenice praćene su porastom koncentracije radionuklida iznad zemlje u vazduhu, do stotina i hiljada puta veće od normalnih nivoa (Kašparov i sar., 2000; Yošenko i sar., 2006).

Trenutno su veliki dijelovi ČZI i Zone zabrane apsolutnog preseljavanja (ČZZAP) pokriveni šumama, gdje prevladavaju obični bor i borovine (64% i 23%, respektivno). Specifičnu aktivnost i-tog radionuklida u travnatoj i strukturalnoj komponenti šumskih postolja (drvo, kore, grane, igle/lišće) može se proceniti na osnovu podataka gustine zalepljenosti kontaminacije sa i-tim radionuklidom i njegovim faktorom prenosa vrednosti od tla do sušenih komponenti zapaljivog materijala za različite vrste stabala ili livadne trave (IAEA, 2010).

U slučajevima livadskih i šumskih požara, šumska stabla ili sloj livadskog legla predstavljenog od strane nemineraliziranih livadskih trava predstavlja važan izvor oslobođanja radionuklida. Prinos suvih useva na livadama ČZI-ja i ČZZAR-a obično dostiže 0,2-0,3 kg/m<sup>2</sup>; Sadržaj <sup>90</sup>Sr i <sup>137</sup>Cs u usjevima i prljavštinama u odnosu na odgovarajuću zemlju ne prelazi 1%; Sadržaj <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am bi bio čak i više od 10 puta manji zbog malih vrednosti faktora transfera tla (IAEA, 2010, Paskevič, 2006). Deo zapaljivog materijala, koji je spaljen, zavisi od vrste požara i požara u različitim vremenskim uslovima i varira od 0% za drvo do 97% za igle/lišće. Isparavanje većine isparljivih <sup>137</sup>Cs iz spaljenog zapaljivog materijala kreće se od 25 do 75%.

Da bi se procenila očekivana interna efektivna doza humanog zračenja usled inhalacije radionuklida u ljudski organizam, kod šumskog požara u vremenskom periodu  $t$ , potrebno je znati integralnu, srednju koncentraciju i-tog radionuklida na području disfunkcionalnog sastava i klasi rastvaranja radioaktivnih aerosola, srodnih koeficijenata doze i zapremine vazduha koje čovek inhalira u vremenu  $t$ , koji zavisi od starosti i intenziteta disanja.

Koeficijenti doze, jednaki očekivanoj efektivnoj dozi zbog udisanja i unošenja 1 Bq i-tog radionuklida u ljudski organizam, mogu značajno da variraju u zavisnosti od starosti čoveka (veličina organa, telesne promene i promene metabolizma sa uzrastom), klasa rastvorljivosti (aerosolna rastvorljivost određuje metabolizam i-e radionuklida u organizmu) i srednji aerodinamički promer aktivnosti (SAPA), određivanje transporta i odlaganja radionuklida u respiratornom sistemu (IAEA 2011). Grubi aerosoli se akumuliraju u gornjim disajnim putevima, dok mali mogu pasti u alveole pluća. Radionuklidi rastvorljivih aerosola se brzo apsorbuju u ljudski organizam, ali nerastvorljivi mogu se ukloniti vrlo sporo iz respiratornog sistema u zavisnosti od mesta njihovog depozita.

Na osnovu podataka o sadržaju radionuklida u zapaljivom materijalu i oslobođanju i-tog radionuklida sa jedinice površine u zavisnosti od vrste ponašanja od požara i klase rizika od požara, koncentracija integralne/srednje nadzemljanih i-radionuklida u vazduhu na različitim rastojanjima od izvora i različitih meteoroloških uslova. Za izračunavanje ovih koncentracija najčešće se koriste različiti modeli koji opisuju konvektivan rast i disperziju radioaktivnog aerosola u atmosferi (Jošenko i sar., 2006; Evangeliu i sar., 2014, 2015). Ipak, ovi modeli ne dozvoljavaju izračunavanje koncentracije radionuklida u respiratornoj zoni vatrogasaca u neposrednoj blizini vatrogasnog fronta.

Tokom eksperimenata u zoni isključenja ČNE, sa livadnim požarima (sagorevanjem suvih useva) i talasnim požarima koji prolaze kroz krune (Slika 7), uspostavljeni su sledeći odnosi (Kašparov i sar., 2000; Jošenko i sar., 2006):

- livadni požari: odnos vazdušnih  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{137}\text{Cs}$  osrednja nadzemna koncentracija zapremine ( $A_{Rvs}^i$ ,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ) do rezervi u zapaljivom materijalu ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) je  $10^{-6}$ - $10^{-5}$   $1/\text{m}$ , a za Pu i  $^{241}\text{Am}$  od  $10^{-7}$ - $10^{-6}$   $1/\text{m}$ .
- u slučaju teških zemljanih požara koji prelaze u krunske požare, odnos koncentracije vazduha svih radionuklida u vazduhu do rezervi u zapaljivom materijalu na površini bio je od  $10^{-7}$ - $10^{-6}$   $1/\text{m}$ . To omogućava procjenu srednje koncentracije i-tog radionuklida na području gdje vatrogasac radi ( $A_{Rvs}^i$ ,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ).

Očekivana delotvorna interna doza zračenja usled inhalacionog unosa radionuklida  $D_{int}$  ( $\mu\text{Sv}$ ) po odrasлом čoveku tokom intenzivnog rada u  $t$  časovima može se izračunati kao:

$$D_{int}(t) = \sum_{i=1}^6 A_{Rvs}^i \cdot B_{inh}^i \cdot t \cdot v, \quad (3)$$

Gde je  $v$  - zapremina inhalacionog vazduha:  $3\text{m}^3/\text{h}$  pri jakoj fizičkoj aktivnosti odraslog čoveka, i  $1,5\text{m}^3/\text{h}$  pri lakinu načinom rada.

$B_{inh}^i$  - koeficijent doze je jednak očekivanoj efektivnoj formi doze usled udisanja inhalacije 1  $\text{Bq}$  i-tog radionuklida u organizmu odraslog čoveka u  $\mu\text{Sv}/\text{Bq}$  (vidi Tabelu 1).

Ukupna očekivana efektivna doza za zračenje odraslog čoveka  $D_{Tot}$  ( $\mu\text{Sv}$ ) pri gašenju šumskog požara tokom  $t$  časova mora biti jednak zbiru efektivnih doza, koji su rezultat spoljašnjeg i unutrašnjeg zračenja:

$$D_{Tot}(t) = D_{ext}(t) + D_{int}(t) \quad (4)$$

Ovo omogućava procenu mogućnosti prekoračenja referentnih nivoa spoljne (2.3  $\text{mSv/godišnje}$ ) i unutrašnje (0.7  $\text{mSv/godišnje}$ ) efektivne doze protivpožarnog učesnika u području isključivanja od 30 km (Anonimni, 2008b).

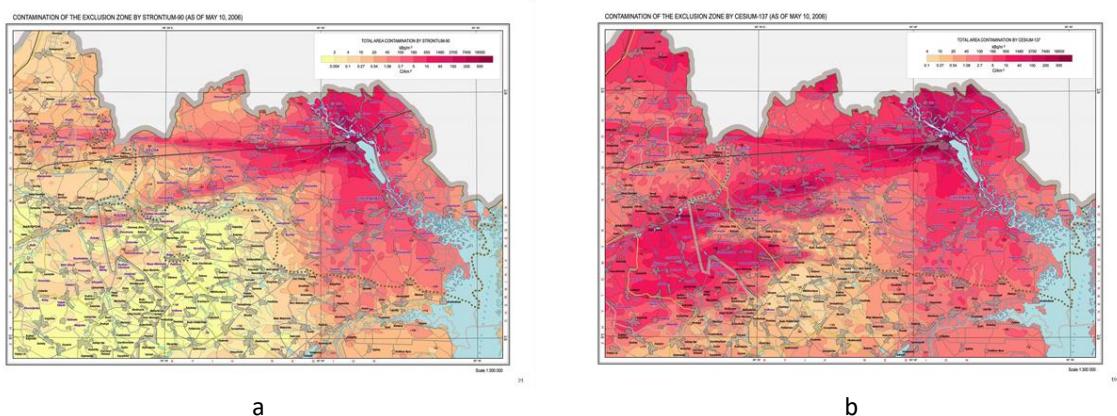
Tokom livadski požara, oslobođena frakcija radionuklida iz gorivnog materijala (legla i trava) u atmosferu može se procijeniti na sljedeći način:  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  do nekih %; Pu - do 1%. Tokom šumskih požara, do 3-4% od  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  i do 1% Pu izotopa može se oslobođiti od šumskih legla. Oslobođeni deo radionuklida tokom šumskih požara može biti čak i veći ako je izvor oslobođanja velikodušnoan i vrlo intenzivan požar, jer se u ovom slučaju može očekivati veće spaljivanje zapaljivog materijala (Jošenko, 2006b). Eksperimentalni i obračunski podaci pokazuju da **čak i pod najnepovoljnijim uslovima, resuspenzija radionuklida tokom šumskih požara neće dati značajan doprinos terestrijskoj kontaminaciji**. Dodatna zemaljska kontaminacija usled šumske vatre može se procijeniti u opsegu od  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  vrijednosti njegove pozadine (Kašparov, 2000).

Za širok spektar scenarija šumskih požara vezanih za Černobilske radioaktivne padavine  $^{137}\text{Cs}$ , doprinos inhalacijske doze do ukupne doze ne prelazi nekoliko procenata. Prisustvo radionuklida koji emituju alfa (tokom šumskih požara u ČZI od 30 km) uzrokuje značajno povećanje komponente inhalacije, što može biti uporedivo sa dozama vanjske izloženosti (Jošenko, 2006a). Dodatna inhalacijska doza za vatrogasce izložene u pogodjenom području može doći do nivoa dodatnog eksternog zračenja u periodu njihove misije. Na primer, tokom letnjih i šumskih požara na najzblažnijim područjima zona isključenja u Černobilu sa ekvivalentnom dozom vanjskog zračenja od 4-16  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , dodatne učinjene delotvorne unutrašnje doze inhalacije vatrogasaca zbog 1-h boravka u vatrogasnoj zoni je bila 8-40  $\mu\text{Sv}$ . Plutonijum i Americium nuklidi predstavljaju dominantni doprinos dozi za inhalaciju (>99%).

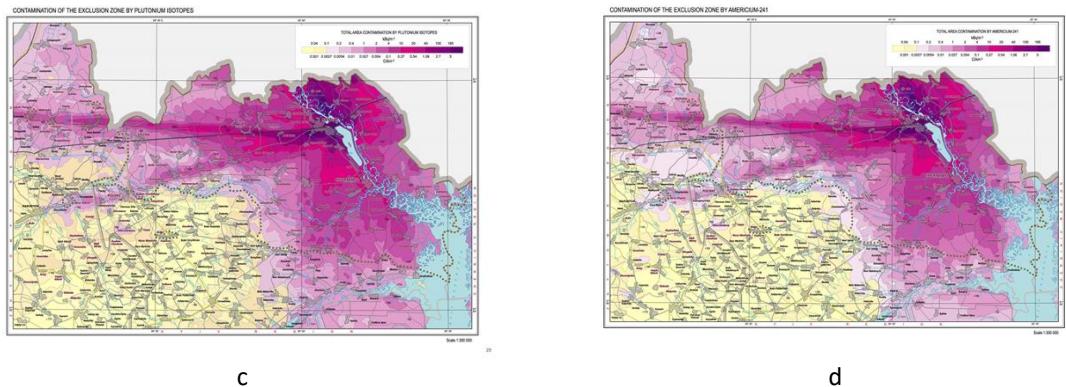
Istovremeno, uzimajući u obzir oštro smanjenje koncentracije vazduhoplovnih radionuklida sa rastojanjem od izvora oslobađanja, može se reći da komponenta udisanja ukupne doze (kao i spoljašnje zračenje od radionuklida u vazduhu) nije važna za osoblje u zoni isključenja koja nije uključena u gašenje požara i za stanovništvo izvan zone isključenja (Jošenko, 2006a).

**Tabela 1.** Glavne karakteristike radionuklida i njihovi dozni koeficijenti. Izvor: IAEA (2011)

#	i-th radionuklidi	Pola životni vek ( $T_{1/2}$ )	Specifična aktivnost i-tog radionuklida u Černobilskom nuklearnom gorivu (od 2014), $\text{Bq/g}$	Glavni tip zračenja	$B_{s\gamma}^i$ , ( $\mu\text{Sv}/\text{hr}$ )/( $\text{kBq}/\text{m}^2$ )	$B_{inh}^i$ , $\mu\text{Sv} / \text{Bq}$
1	$^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$	29 godina (64,26 časova)	6.19E+08	$\beta$	6.2E-6	3.2E-2
2	$^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137m}\text{Ba}$	30.17 godina (2.5 min.)	7.35E+08	$\beta, \gamma$	7.9E-4 9	6.7E-3
3	$^{238}\text{Pu}$	87.74 godina	6.41E+06	$\alpha$	5.8E-8	43
4	$^{239}\text{Pu}$	24 100 godina	5.07E+06	$\alpha$	1.2E-7	47
5	$^{240}\text{Pu}$	6 563 godina	7.77E+06	$\alpha$	5.7E-8	47
6	$^{241}\text{Am}$	432.8 godina	2.42E+07	$\alpha$	1.7E-5	39



<sup>9</sup> Do 1.5 puta jače u zrelim borovim šumama (B2, B3) sa debljim odloženim slojom



**Slika 7.** Gustina kontaminacije terena EZ i ZAR sa <sup>90</sup>Sr (a), <sup>137</sup>Cs (b), <sup>238-240</sup>Pu (c) i <sup>241</sup>Am (d) za 10. maj 2006. (Anonimno, 2008b)

## 2.5 Eksplozivi<sup>10</sup>

U mnogim zemljama zapadne, istočne i jugoistočne Evrope, uključujući i teritorije bivšeg Sovjetskog Saveza, velike površine šuma i drugih ekosistema su kontaminirane neeksplođiranim ubojnim sredstvima (NUS) - artiljerijskim i minobacačkim granatama, bombama i drugom municijom - i minama iz oružanih sukoba (Eksplozivnih ostataka rata - EOR) ili iz bivših vojnih poligona i strelašta. Većina ubojnih sredstva je u početku zakopana pod zemljinoj površini, ali se postepeno kreće ka površini tla zbog efekta zamžavanja (pedoturbacija). Požari koji se javljaju na tim terenima mogu izazvati nekontrolisane eksplozije i pretnje kolateralne štete - povrede i smrt vatrogasaca.

Još jedan problem je prijetnja od požara za uskladištenu municiju. U Ukrajini su se dva glavna događaja desila u 2004. i 2008. godini. Šumski požar ušao je u skladište municije u južnoj Ukrajini 2004 godine i ubilo je pet ljudi. U 2008 godini artiljerijske granate i druga municija u skladištu u Ukrajini eksplodirale su kada je šumski požar prodreо u skladište. Slični događaji su se desili u Kaganu, u Uzbekistanu, gde su eksplozije ubile tri osobe, a povređeno je bilo 21 osoba; dok je vatra zapalila arsenal u blizini Uljanovska (720 km istočno od Moskve) u novembru 2009. Najnoviji incident ove vrste rezultirao je velikim požarom u Rusiji, kojeg su neki pripisali kao uzrok požara u maju 2011 godine u blizini sela Urman (Bashkortostan).

S druge strane, postoji i potreba za korištenje vatre za održavanje NUS-zagađenih lokacija visoke vrijednosti konzerviranja. Istoriski u Evropi, aktivne i bivše oblasti vojnih obuka i strelašta su oblikovane od požara na takav način da su otvoreni kopneni ekosistemi visoke vrednosti biodiverziteta stvoreni ili održavani od ponavljalnih požara. Atlantski i kontinentalni Calluna vulgaris u Njemačkoj predstavljaju klasičan primjer ekosistema koji se istovremeno održava intenzivnim kultivacijama (ispšom, košenjem, izvozom biomase) i namerno ili slučajno zapaljenoj vatre tokom vojnih obuka. Nakon demilitarizacije na kraju hladnog rata i ujedinjenja Nemačke tokom devedesetih i prve decenije 21 veka, upotreba bivših vojnih opsega je u velikoj meri napuštena, a subvencionirano održavanje otvorenih kopnenih staništa postiglo je kritički značaj ograničenja zbog nedostatka odgovarajućih politika i prioritizacije finansiranja. Nedavno uvođenje propisane vatre u Njemačkoj radi očuvanja staništa otvorenog uzgoja zasnovano je na tradicionalnim praksama sagorevanja i poklapa se s novim ekološkim uvjerenjima primjenjenih istraživanja požara koja primaju veće prihvaćanje od grupa za zaštitu prirode i javnosti. Bela knjiga o upotrebi propisanog požara u upravljanju zemljištem, očuvanju prirode i šumarstvu u temperaturnoj borealnoj evraziji (Goldamer, 2009, 2013b) zaista zahteva široku primenu propisane vatre kako bi se održala vrenost očuvanja bivših vojnih obuka.

Međutim, prisustvo NUS-a je ograničavajući faktor za primenu propisane vatre na oko 250.000 ha terena visoke vrednosti konzervacije. Pilot projekat (istraživački i razvojni projekat) sproveden je u prirodnom rezervatu Heidehof-Golmberg u državi Brandenburg, u Njemačkoj, bivšoj vojnoj streljani, kako bi se testirali

<sup>10</sup> Autor: J.G. Goldamer

sigurni načini primjene oklopnih vozila (demilitarizovanih rezervoara) i kontrolu. Praćenje i kontrolne operacije upraljanja vatrom pomoću bespilotnog vazdušnog sistema (helikopterski bespilotni s video linkom u realnom vremenu do kontrolnog centra) omogućava navigaciju, kao i sigurno i efikasno paljenje i kontrolu oklopnih vozila. Ovaj projekat je pružio ključnu ekspertizu za supresiju požara na terenu sa kontaminiranim NUS-om (Goldamer i sar., 2012).

### 3. OBRAZLOŽENJE POTREBA I VRSTA LIČNE ZAŠTITNE OPREME ZA BEZBEDNO GAŠENJE VEGETACIJSKIH POŽARA NA KONTAMINIRANOM TERENU

#### 3.1 Radioaktivna kontaminacija<sup>11</sup>

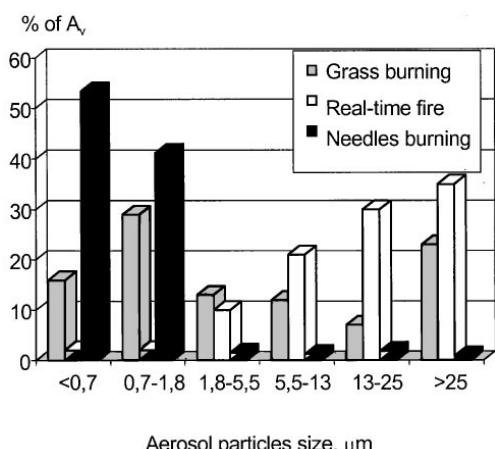
Efektivna doza zračenja za vatrogasce u području ČZI i ČZAR formira se spoljašnjim zračenjem iz radionuklida izvan ljudskog tela (zemljишte, leglo, šumsko tlo i dr.) plus unutrašnje zračenje organizma nakon unosa inhalacije radionuklida kroz respiratorne organe, oči, usta, otvorene rane, itd. Svo osoblje koje učestvuje u radovima u zoni isključenja je stoga predmet individualne dozimetrijske kontrole (Anoniman izvor, 2008a).

Spoljna doza zračenja za vatrogasce može se smanjiti minimiziranjem vremena boravka osoblja na području sa visokom gustoćom kontaminacije <sup>137</sup>Cs, zaštitom gama zračenja materijalom za automobilske kabine (do 10 puta), korištenjem tehničkim (daljinsko- kontrolisanim) alatima (auto, traktore, itd.), i održavanjem daljine pomoću avijacije (aviona, helikoptera) za šumske požare.

Unutrašnja doza zračenja za vatrogasce formirane udisanjem alfa-zračenog radionuklida može biti uporediva sa doprinosom spoljašnjeg zračenja u zoni od 10 km ČNE, na tragovima goriva radioaktivnih padavina.

U slučajevima livadnih i šumskih požara, radioaktivni aerosoli mikronskih i submikronskih veličina nalaze se u vazduhu na kratkim rastojanjima od vatre (Slika 9). Isparljivi <sup>137</sup>Cs, a delimično <sup>90</sup>Sr, uglavnom se nalaze u čestici dima. Najnizi štetni radionuklidi alfa-zračenja, <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, ponovo su suspendovani u vazduhu sa pepelom čestice veličine mikrona. Efikasnost zadržavanja ovih čestica Petrjanovom tkaninom, koja se koristi u respiratorima, prelazi 98%. Zbog toga, u cilju zaštite respiratornog trakta tokom gašenja požara, čini se korisnim primena različitih tipova respiratora i drugih pojedinačnih zaštitnih alata za respiratorne organe, kao i da se koriste zapečaćene i, ako je potrebno, zaštićene auto kabine. Unos inhalacije radionuklida može se smanjiti na desetine i stotine puta upotrebom respiratora itd.

Kontaminacija kože i odeće vatrogasaca zbog taloženja radioaktivnih aerosola je procijenjena znatno nižim od dozvoljenih nivoa površinske kontaminacije (Anoniman izvor, 1997).



<sup>11</sup> Autor: V. Kašparov

Slika 9. Raspored  $^{137}\text{Cs}$  na aerosolne čestice različitih veličina, posmatrano za vreme šumskih požara, (Kašparov, 2000).

### 3.1.1 Lična oprema za zaštitu protiv radioaktivnog zračenja<sup>12</sup>

Prilikom borbe protiv požara u kontaminiranoj zoni, izbor odgovarajuće lične zaštitne opreme (OLZ) zavisi od:<sup>13</sup>

- ulogu odgovora i specifični zadaci;
- rizik od kontaminacije.

OLZ može zaštiti od:

- spoljašnje kontaminacija i delimično protiv zračenja;
- unutrašnje kontaminacije putem inhalacije, gutanja, apsorpcije kroz otvorene rane;
- druge fizičke opasnosti (npr., otpad, požar/toplota ili hemikalije).

OLZ ne može vas zaštiti od izloženosti visokim energetskim, visoko prodornim oblicima ionizujućeg zračenja.

OLZ treba obuhvatiti:

- lični dozimetar za radijaciju kad god postoji zabrinutost zbog izloženosti penetracionom ionizujućem zračenju. Lični dozimetri radijacije direktnog čitanja mogu se koristiti za praćenje doze zračenja i mogu pomoći radnicima da ostanu u okviru preporučenih Doznih granica za hitne radnike. Dozimetri sa direktnim čitanjem trebaju se nositi tako da radnik može lako vidjeti alarme upozorenja za čitanje i/ili čuti ih.
- preporučena respiratorna zaštitna maska uključuje respirator za prečišćavanje vazduha u punoj fazi sa filterom vazduha čvrstim delom P-100 ili HEPA filtrom. Ostala respiratorna zaštitna oprema (npr. jednostavna hirurška maska, N-95 respiratori), respiratori koji nisu fitirani, ili ad hoc respiratorna zaštita ne pružaju odgovarajuću ili dovoljnu zaštitu disajnih organa.

Razvijena je zaštitna odeća sa mogućnošću zaštite ne samo od agresivnih supstanci već i od ionizujućih zračenja. Ruski standardi predviđaju faktor umanjenja spoljašnjeg beta zračenja sa energijom do 2 MeV (Sr-90) ne manje od 150x i faktor slabljenja eksternog gama zračenja sa energijom od 122 keV (Co-57) ne manja od 5.5 x.

U nastavku su dati različiti uzorci ruskih i američkih setova za zaštitu vatrogasaca od zračenja:

[Ruska odeća za zaštitu od zračenja "RZK-T" \(TU 8570-025-46840277-2003 sa AI 005-2011\)](#)



Dizajniran za sveobuhvatnu zaštitu osoblja tokom vatrogasnih i spasilačkih operacija u područjima sa beta-gama zračenjem. Set je dizajniran da zaštititi od spoljašnjeg zračenja, povišene temperature, toplotnog fluksa, inkorporaciju radioaktivnih gasova i aerosola kroz respiratori i digestivni trakt i kontaminaciju kože i sluzokože. Moguće je priključiti pojedinačne dozimetre.

Specifikacije "RZK-T":

- temperaturni opseg u kojem se može koristiti: -40°C do +150°C;

[radiation\\_ppe.htm](#)

- vreme rada: od -40°C do +40°C: 20 minuta; od +40°C do +100°C: 15 minuta; od +100°C do +150°C: 3 minuta;
- faktor prigušenja spoljnog beta zračenja sa energijama do 2 MeV (Sr-90) ne manje od 150 x; faktor prigušenja eksternog gama zračenja sa energijom od 122 keV (Co-57) ne manja od 5.5 x;
- vreme za postavljanje opreme (uz pomoć jednog pomoćnika): maks. 3 minuta;
- vreme za svlačenje: ne više od 20 minuta;
- težina: ne više od 25 kg.

Uključeni predmeti u setu: izolacijsko vanjsko odijelo s kapuljačom, viziri, uređaji za disanje, gumene rukavice i čizme, čizme i gležanj; ukupna unutrašnja topotna izolacija; hauba sa unutrašnjim zaštitnom kacigom sa izolacijom od topote; topotna radijacijska zaštitna odeća; kapa za zaštitu od zračenja, kombinezoni, pantalone, čizme; higijenski tanko-absorpciono donje rublje.

Ruska radijacijska i topotna zaštitna odeća "RZK-MT" (TU 8570-025-46840277-2003 sa AI 005-2011), u skladu sa GOST R 53264-2009

Dizajniran za sveobuhvatnu zaštitu osoblja tokom vatrogasnih i spasilačkih operacija u područjima sa beta-gama zračenjem. Set je dizajniran da zaštiti od spoljašnjeg zračenja, povišene temperature, topotnog fluksa, protoka radioaktivnih gasova i aerosola kroz respiratori i digestivni trakt i kontaminaciju kože i sluzokože.



Aparat za disanje sa komprimiranim vazduhom se nosi iznad odela; vreme rada može se povećati brzom promenom cilindara. Odelo štiti od topotnih fluksa do 14 kW/m<sup>2</sup> (najmanje 180 sekundi).

Odelo ne ograničava slobodu kretanja i omogućava prevazilaženje poklopaca i šahti prečnika 600 mm. Prisustvo zaptivanja za lice omogućava korištenje pojedinačnih maski u potpunosti. Zaštitni ogrtići, pokrivači cipela i gležnja pružaju dodatnu zaštitu u hemijsko agresivnim okruženjima i topotnim fluksovima.

Specifikacije "RZK-MT":

- Temperaturni opseg u kojem se može koristiti: -40°C do +150°C;
- Vreme rada: od -40°C do +40°C: 20 minuta; od +40°C do +100°C: 15 minuta; od +100°C do +150°C: 3 minuta;
- Atenuacijski faktor spoljašnjeg beta zračenja sa energijama do 2 MeV (Sr-90) ne manje od 150 x; faktor prigušenja eksternog gama zračenja sa energijom od 122 keV (Co-57) ne manja od 5.5 x;
- Štiti od širokog spektra agresivnih sredina, uključujući pogonsko sredstvo i hemijski ratni agens, kao i topotne tokove velikog intenziteta do 14 kW/m<sup>2</sup>;
- Vreme za postavljanje (uz pomoć jednog pomoćnika): max. 3 minuta;
- Vreme za svlačenje: ne više od 20 minuta;
- Težina: ne više od 18 kg.

Uključeni predmeti: eksterni kombenizon sa kapuljačom, gumene čizme, rukavice; kombinezon za zaštitu od topote i zračenja; kapa za zaštitu od zračenja, prsluk, pantalone, čizme; higijenski tanko-absorpciono donje rublje.

Ruska radijacijska i topotna zaštitna odeća postavljena je "RZK-M" (TU 8570-047-38996367-2004 sa AI 005-2011), u skladu sa GOST R 53264-2009

Ova mobilna zaštitna odijela su zasnovana na laganoj agresivnoj zaštitnoj odeći za zaštitu od hemikalija "TASK-M".

Namenjena su za sveobuhvatnu zaštitu osoblja tokom vatrogasnih i spasilačkih operacija u područjima sa beta-gama zračenjem, posebno u zatvorenim područjima sa debelim zidovima kao što su civilni i vojni brodovi sa nuklearnim motorom. Aparat za disanje sa komprimiranim vazduhom se nosi iznad odela, vreme rada se može povećati brzom promenom cilindara. Odeto ne ograničava slobodu kretanja i omogućava prevazilaženje loptova i šahti prečnika 600 mm. Prisustvo zaptivača za lice omogućava korištenje pojedinačnih maski u potpunosti.

#### Specifikacije "RZK-M":

- Opseg temperature u kojem se može koristiti: -40°C do +150°C;
- Vreme rada: od -40°C do +40°C: 20 minuta; od +40°C do +100°C: 15 minuta; od +100°C do +150°C: 3 minuta;
- Faktor umanjenja spoljašnjeg beta zračenja sa energijama do 2 MeV (Sr-90) ne manje od 150 x; faktor prigušenja eksternog gama zračenja sa energijom od 122 keV (Co-57) ne manja od 5.5 x;
- Vreme za oblačenje: max. 3 minuta;
- Težina: ne više od 18 kg.

Uključene stavke: Higijenski donji veš sa absorpcijom znoja; prsluk za zaštitu od zračenja, mantil, pantalone i čizme; kombinezon za zaštitu od topote i zračenja; vanjsko odeto sa rukavicama i čizmama.



#### Američko odijelo za zaštitu od zračenja sa tkaninom "Demron" ([www.radshield.com](http://www.radshield.com))

Odeljenje vatrogasne službe u Njujorku (FDNY) odlučilo je 2010 godine da "ugradi Demron u program za nadogradnju hemijske zaštitne opreme (HZO) kako bi poboljšalo svoje sposobnosti odziva uz univerzalnu zaštitu. Kompanija Hazardous Materials Company 1, jedan od prvih FDNY timova za raspoređivanje Demron-a, koristi RST Demron-dvoslojni radijski Torzo Vest, Demron-W High Energy nuklearno-balistički IED RDD RED štit i zaštitni pokrivač za ekipu. Ove tehnologije povećavaju sigurnost dok minimiziraju vrijeme, radnu snagu i resurse potrebne za odgovor na potencijalne vanredne situacije. Prsluk se može nositi kod većine hazmatskih odela za zaštitu vitalnih organa, štitne žlezde i prepona. To se dokazalo u testovima američkog Ministarstva energetike da bi se zaštitilo od emisije X-zraka i niske emisije gama, i od visokih i niskih energetskih beta i alfa čestica. Nuklearni/balistički štit je pokrivač otporan na plamen i kiselinu koji pomaže u eksplozijama i visokim energetskim izvorima zračenja i može pomoći u sprečavanju ili smanjenju katastrofa. Pokrivač se dokazao u testovima H.P. White Laboratory da obezbeđuje balističku zaštitu nivoa IIIA i najvišu zaštitu od fragmentacije. Zaštitna plašt za ekipu, koji je specijalno kreiran za FDNY, napravljen od strane RST-a, obezbeđuje potpunu nuklearnu zaštitu za prve respondere i može se koristiti i za transport žrtava zračenja bez kontaminacije drugih".

Testovi zaštite od zračenja Demronove tkanine, koje je preuzeo Nacionalni laboratorij Lawrence Livermore 2003. godine, pokazali su:

- "Demron je efikasan kao štitnik od zračenja, koji se može uporediti sa olovom u smislu g/cm<sup>2</sup> i tantaluma u skladu sa koeficijentom slabljenja mase, protiv gama, rentgenskih i beta emisija."
- "Za Demron, sa gustinom od 3,14 g/cm<sup>3</sup>, debljina bi bila 0,8 mm, što odgovara na 2 sloja za sadašnji uzorak. Za oovo sa gustinom od 11,3 g/cm<sup>3</sup>, debljina bi bila 0,2 mm."

- "Demronove fizičke karakteristike kao fleksibilna, zamućiva tkanina olakšavaju rad i rukovanje nego sa olovom."
- "Za razliku od olova, prema tehnologiji Radiation Shield Technologies, Demron je netoksičan, ne sadrži opasne materije za kožu ili inhalaciju korisnika i ne zahteva nikakve posebne ili restriktivne uslove za odlaganje."
- "U trenutnoj debeljini uzorka (0.38 mm), Demron pruža zaštitu faktora 3 od beta i faktora 10 od emisija niske gama energije."
- "Koefficijenti smanjenja mase mogu se koristiti za određivanje debeljine Demron tkanine potrebne za uspešnu zaštitu od gama radijacije većeg nivoa energije/intenziteta. Iako je tačan sastav i konstrukcija Demron tkanine zaštićen, može se zaključiti da Demron štiti slično olovu, ali ne predstavlja nikakvu olovnu biološku opasnost ili prema sredini."

### **3.1.2 Instrumenti za merenje zračenja i monitoring radijacije**

Postoji veliki broj uređaja koji postoje kako bi se izmerili nivoi zračenja, kao i apsorbovana doza. U nastavku se daje izbor ruskih uređaja:

#### Merni uređaji za merenje nivoa zračenja

- DP-5V (A, B), IPD-5: dizajniran za merenje nivoa beta i gama zračenja (0,05 mR/h do 200 R/h). Postoji šest pod-opsega merenja. Težina jedinice: 3,2 kg.
- DP-3B: može se instalirati na mobilnim uređajima kao što su automobili, čamci i tako dalje. Dizajniran za merenje nivoa gama zračenja (0.1 do 500 R/h). Uređaj ima četiri pod-opsega. Težina jedinice: 4.4 kg.
- IPD-21, IPD-22: mogu se instalirati na mobilnim uređajima poput automobila, brodova i tako dalje. Dizajniran za merenje nivoa gama i neutronskog zračenja (0.01 do 104 R/h).

#### Dozimetri

- DP-70MP: merenje doze gama i neutronskog zračenja u rasponu od 50 do 800 radova. To je staklena bočica koja sadrži bezbojni rastvor. Ampula je postavljena u plastično (DP-70MP) ili čelično (DP-70M) kućište. Poklopac kućišta ima referentnu boju koja odgovara boji rastvora u dozi od 100 radova. Uz zračenje, rastvor menja svoju boju. Da bi se utvrdila primljena doza zračenja, bočica se uklanja iz kućišta i ubaci u kolorimetar. Rotirajući filtri diska pomažu u usklađivanju boje sa bojom ampula i definisanju doze.
- ID-1: Postavljena sa deset pojedinačnih dozimetara za merenje doze gama i neutronskog zračenja u rasponu od 20 do 500 radova.
- PH-11: Postavljena sa 500 pojedinačnih dozimetara za merenje doze gama i neutronskog zračenja u rasponu od 10 do 1500 radova. Doze se mogu rezimirati tokom perioda od 12 meseci. Ima indikator digitalnog odbrojavanja na prednjoj ploči.

### **3.1.3 Organizaciona pitanja**

Zaštitna oprema za vatrogasce je samo sredstvo za dobijanje vremena i produžavanje raspona kojeg mogu raditi u zračenju. Međutim, protivpožarna dejstva u područjima zagađena nuklearnim zračenjem moraju se uporediti sa drugim organizacionim merama kako bi se smanjili rizici izloženosti.

#### I. Organizacija

Borba protiv požara u kontaminiranim šumama može rezultirati:

- izloženost opasnim nivoima zračenja → apsorpcija nivoa opasnih doza spoljašnjim zračenjem;

- teški dim sa radioaktivnim česticama → disanje dima može prouzrokovati unutrašnju ekspoziciju i zračenje vatrogasaca, radioaktivne čestice mogu se transportovati vjetrom na značajnim rastojanjima.

Stoga, kada se organizuju vatrogasne aktivnosti u kontaminiranim područjima mora se jasno shvatiti količina i vrsta zapaljivih materijala u šumi, tipovi i nivoi zagađenja, raspoloživa vatrogasna sila i njihovi nivoi obuke i zaštitna oprema i teška oprema koja je na raspolaganju. Svi ovi faktori definišu strategiju intervencije. U svakom trenutku treba osigurati da osoblje i oprema ne budu smešteni na čeonom vetrnu u vatrogasnoj zoni.

## **II. Obuke**

Obuka o hemijskoj i nuklearnoj zaštiti treba pokriti nekoliko aspekata pored osnovne obuke svakog vatrogasca.<sup>14</sup> Ovo obuhvata:

- osnovno razumijevanje svojstava hemikalija i zračenja, osnovni pristupi lične zaštite/sigurnosti;
- vrste individualnih (OLZ) i kolektivnih zaštitnih materijala;
- ispravna upotreba, servisiranje i odlaganje zaštitnih materijala;
- osnove nuklearne dozimetrije i zaštita od zračenja (vidi dole);
- pristupi minimiziranja opasnosti prilikom raspoređivanja vatrogasaca u zagađenim zonama;
- procedure radio-komunikacije za prioritizaciju prenosa hitnih poruka;
- prilikom upotrebe vazduhoplovstva, posebno helikoptera: Preporučiti da se iz vazduha transportiraju sredstva samo nakon deponovanja prašine u sletnom području;
- dekontaminacija, zoniranje, signali i simboli.

Standardni principi zaštite od zračenja su:

- odgovorno izbeći izloženost, vreme izlaganja treba biti svedeno na minimum;
- ostanite što dalje od izvora;
- postaviti zaštitne oznake (upotrebljeni materijali zavise od vrste zračenja radi zaštite);
- nemojte pušiti, piti ili jesti na zagađenom području;
- ne dodirujte usta, oči, nos, otvorene rane rukama kada ste u zagađenom području;
- provjerite ruke i stopala sa monitorom zračenja prije napuštanja kontaminiranog područja;
- u najmanju ruku, operite ruke kad napuštate kontaminiranu okolinu.

## **III. Službe za zaštitu od zračenja**

### Organizacione mere

Pored normalnih vatrogasnih timova, potrebno je uspostaviti servis za praćenje zračenja koji proverava izlaganje vatrogasaca sa najmanje sljedećim zadacima:

- dekontaminaciju opreme;
- uspostavljanje strategije za sakupljanje i odlaganje kontaminiranih materijala (npr. OPS, maske, oprema, itd.);
- izrada strategija koje vode minimalnom izlaganju izloženosti minimalnom broju vatrogasaca;
- (ponovno) obučavanje vatrogasaca za osnovnu zaštitu od zračenja;
- priprema plana za rad vatrogasaca za naredne dane (uključujući dozvoljeno radno vrijeme i organizaciju smjena) uzimajući u obzir prethodno primljene doze zračenja, izlaganje toploti i predviđeni pravac vjetra;
- učešće dozimetrijskog osoblja u gašenju požara, merenje nivoa zračenja u zoni rada;
- kalibracija i servisiranje uređaja za nadzor zračenja;

---

<sup>14</sup> Za detalje vidite priručnike kao što su Švajcarski priručnik za ABC upravljanje incidentima (FKS, 2014)

- dnevno izveštavanje o doznim informacijama za upravljanje operacijama i nacionalni registar doziranja;
- nabavku mapu za vatrogasna odjeljenja, koja pokazuju radioaktivnu kontaminaciju (uključujući kontaminaciju plutonijumom) teritorija;

#### Lične mere:

- Lični dozimetar zračenja s direktnim čitanjem treba nositi svaki hitni responder. Dozimetri direktnog čitanja pomažu radnicima da ostanu u okviru preporučenih granica doziranja. Treba ih nositi tako da radnik može lako da vidi upozorenja za čitanje i/ili čuti upozorenja;
- pored ličnog dozimeta, treba obezbiti i sledeću ličnu zaštitnu opremu: respiratori, laka zaštitna odijela i zaštitne ogrtače;
- pružiti pouzdane komunikacijske alate svim vatrogasnim jedinicama;
- Korišćenje anti-radijacionih lijekova u područjima sa intenzivnim nivoima spoljašnjeg zračenja se može proceniti. To mogu biti npr. antibiotici, filgrastim (komercijalno ime Neupogen), CBLB502 (Cleveland BioLabs), Ex-RAD (od Onconova Therapeutics), CLT-008 (od strane Cellulant Therapeutics). Dosadašnji lekovi su i dalje u fazi kliničke studije;
- apsorbovana doza, kao i kumulativna apsorbovana doza svakog hitnog respondera mora biti kontrolisana (individualni dozimetrijski monitoring);
- nacionalno zakonodavstvo o radijacionoj sigurnosti, a u nedostatku takvog, tim za upravljanje vanrednim situacijama, mora definisati apsorbovanu dozu iznad koje se od unutrašnjeg perimetra mora povući hitno (pogledati dolje, "Zoniranje"). Doza odluke u Sjedinjenim Državama je 0.5 Sv, a u Rusiji 0.2 Sv;
- Vatrogasci će posmatrati i minimizirati periode izlaganja u dimu kako bi se umanjile individualne doze inhalacije.

#### IV. Zoniranje

Zoniranje je važno kako bi se osiguralo jasno razumijevanje nivoa rizika i srodnih mera zaštite koje treba preduzeti, kao i spriječiti širenje kontaminacije spolja iz opasne zone.

#### Zoniranje (Ruski primer)

1. U području sa nivoom kontaminacije zemljišta Cs-137 od 37-185 kB/m<sup>2</sup> (1-5 Ci/km<sup>2</sup>) i nivoa zagađenja zemljišta Sr-90 od 5,55 do 37 kBq/m<sup>2</sup> (0,15-1 Ci/km<sup>2</sup>) primjenjuju se sledeće mere:

- Gašenje požara se uglavnom vrši uobičajenim metodama uz usvajanje dodatnih mera za zaštitu radnika od štetnih efekata prašine i proizvoda sagorevanja;
- Požar se može boriti pomoću opreme za zaustavljanje, kopnenom ili vazdušnom opremom za gašenje koristeći vodu i/ili hemikalija i prigušivače gasova.

2. U području sa nivoom kontaminacije zemljišta Cs-137 od 185-555 kBq/m<sup>2</sup> (5-15 Ci/km<sup>2</sup>) primjenjuju se sledeće mere:

- Gašenje požara se obavlja pomoću vatrogasnih vozila sa montiranim monitorom vode isto kao i oprema bazirana na vazduhu. Mogu se podići hemijske barijere.

3. U području sa nivoom kontaminacije zemljišta Cs-137 od 555-1 480 kBq/m<sup>2</sup> (15-40 Ci/km<sup>2</sup>) primjenjuju se sledeće mere:

- gašenje požara se sprovodi u skladu sa posebno osmišljenim planovima uzimajući u obzir zahteve zaštite od zračenja;
- koristiti vazdušnu opremu;

- za konačno gašenje vatre mogu se koristiti vatrogasci i vatrogasna vozila sa montiranim monitorom vode, kao i oprema koja se koristi na osnovu vazduha.

4. U području sa nivoom kontaminacije zemljišta Cs-137 koja prevazilazi  $1\ 480\ kBq/m^2$  ( $40\ Ci/km^2$ ) primjenjuju se sledeće mere:

- mora se koristiti vazduhoplovna oprema ;
- za konačno gašenje vatre mogu se koristiti vatrogasci i vatrogasna vozila sa montiranim monitorom vode, kao i oprema koja se koristi na osnovu vazduha.

#### Zoniranje (SAD-primer)<sup>15</sup>

Uspostavljanje *vanjskog* perimetra ako je prekoračena bilo koja od sljedećih vrijednosti:

- $10\ mR/h$  stepen izloženosti;
- $60,000\ dpm/cm^2$  ya beta I gama površinsku kontaminaciju; <sup>16</sup>
- $6,000\ dpm/cm^2$  za alfa površinsku kontaminaciju.
- odgovarajuće aktivnosti unutar ovog perimetra su:
- evakuisati članove javnosti;
- izolirati područje;
- osigurati da svi radnici u vanrednom području minimiziraju vreme provedeno u tom području i da prate odgovarajuće smernice zaštite.

Uspostavljanje *unutrašnjeg* perimetra pri:

- $10\ R/h$  stepen izloženosti.

Odgovarajuće aktivnosti unutar ovog perimetra su:

- izloženost i aktivnosti unutar ovog perimetra imaju potencijal da proizvedu akutnu povredu od zračenja. Akcije treba da budu ograničene na vremenski osetljive aktivnosti koje su kritične za misiju (npr. spašavanje života).

#### V. Zdravstvene službe

Moraju se organizovati odgovarajuće medicinske usluge (na licu mesta, u obližnjim bolnicama, u specijalizovanim bolnicama za lečenje ozbiljno oštećenih pacijenata). Na kraju vatrogasne kampanje , svo uključeno osoblje treba da se podvrgne medicinskoj istrazi u specijalizovanom medicinskom objektu, a ukupna akumulirana doza se mora evidentirati u centralnom nacionalnom registru.

#### VI. Propisi

U odsustvu postojećeg nacionalnog zakonodavstva, mogu se konsultovati standardi koje je postavila Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) u Beču, Austrija. Propisi treba da sadrže sledeća ključna pitanja:

- spisak radioaktivnih materija i njihovih svojstava;
- organizacija i sredstva za praćenje zračenja;
- mjere i procedure za zaštitu osoblja od zračenja;
- maksimalno dozvoljeni nivoi ekspozicije za vatrogasce, prve respondere i šumsko osoblje u normalnim uslovima i tokom požara;

<sup>15</sup> <http://www.ncrponline.org/Publications/Commentaries/Commentary%20No%2019%20Overview.pdf>

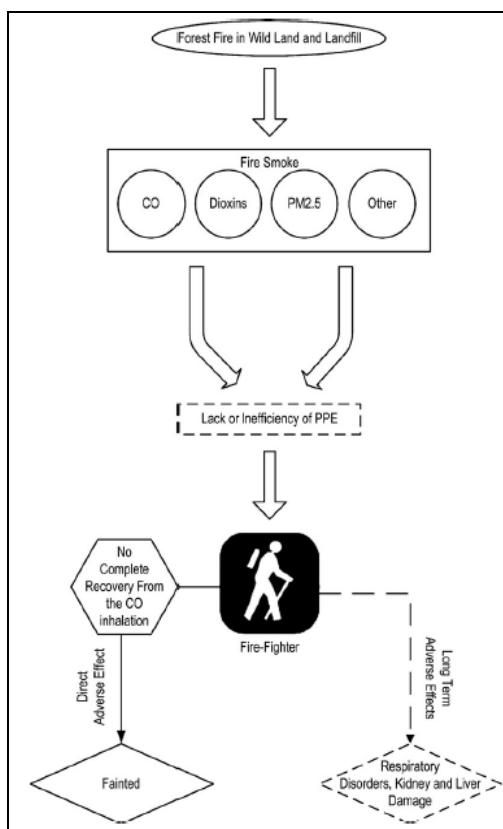
<sup>16</sup> pm = dezintegracije u minuti ili čestice u minuti

- mere i postupke za dekontaminaciju osoblja i opreme i za konačno skladištenje odloženih, kontaminiranih materijala;
- informacije osoblja o primljenim dozama zračenja;
- organizacija medicinskih usluga;
- izlaganje radijaciji vatrogasnog osoblju iznad dozvoljenih granica doziranja može se dozvoliti na određeno vrijeme i unutar ograničenja propisanih sanitarnim propisima. Npr. planirano povećano zračenje osoblja može se dozvoliti jednom u toku života s dobrotvornim pristankom i uz prethodno obaveštenje o potencijalnim dozama koje treba primiti i povezanim zdravstvenim rizicima. Radijacija osoblja ne bi trebalo da prelazi 10 puta veću dozvoljenu dozvoljenu dozu za radnike radijacije (u većini zemalja 20 mSv/y).

Primeri zakonodavstva o ograničenjima doze su npr. SanPin 2.6.1.2523-9 "Bezbednosni standardi zračenja (NRB-99/2009)", odobrenog u Rezoluciji br. 47 glavnog državnog sanitarnog doktora Ruske Federacije od 7 jula 2009 godine.

### 3.2 Hemiska kontaminacija<sup>17</sup>

Lična zaštitna oprema (LZO) je kritično sredstvo za izbegavanje negativnih efekata na zdravlje vatrogasaca od strane kontaminiranog dima. Nedostupnost LZO-a može izazvati ozbiljne zdravstvene efekte vatrogasaca i takođe drastično smanjiti svoje efektivno radno vrijeme na liniji vatre. Na kraju, nedostatak odgovarajuće opreme može dovesti do neuspjeha u suzbijanju vatre, kao i nekih ozbiljnih povreda ili čak slučajeva smrti. Na Slici 10 je prikazan konceptni model upotrebe LZO.



**Slika 10.** Konceptualni model utecaja dima vegetacijskog požara na zdravlje. Izvor: Dokas i sar. (2007)

U ovom trenutku ne postoji rešenje za sveobuhvatnu zaštitu od svih hemijskih opasnosti od vegetacijskih požara za šumske vatrogasce. U teškim slučajevima sa visokim nivoom hemijske kontaminacije, potrebno je

<sup>17</sup> Autor: S. Zibcev

koristiti relativno kratko vreme specijalnu opremu za disanje, poput sistema za hitne slučajeve za šumske vatrogasce (Slika 11a). Sistemi za hitne slučajeve obezbeđuju vatrogasce sa čistim i hladnim vazduhom potrebnim za manevre samozaštite, smanjujući intoksikaciju i opekotine disajnih puteva. Ova oprema pomaže u izbegavanju udisanja velikih količina dima u određenim momentima požara. Pored toga, sistem se može koristiti i za pomoć drugim ljudima pomoću ventila za pružanje pozitivnog vazduha pod pritiskom. Obično garantuje 6-7 minuta vazduha kako bi se pobeglo iz situacije kada su vatrogasci zarobljeni.



(a)



(b)



(c)

**Slika 11.** (a) Hitni vazdušni sistem, (b) polumaska za lice sa filterom, i (c) kaciga za zaštitu od čestica

Maske za pola lica (npr. maske za filtriranje čestica) ili maske za celo lice sa filterima mogu obezbediti nivo zaštite do 50 i 200 puta, u odnosu na dozvoljene granice izlaganja za čestice prema evropskim standardima (Slika 11b, c). Istovremeno, treba naglasiti da maske za zaštitu od čestica ne štite od najopasnijeg hemijskog faktora u vegetacijskom požaru - ugljen monoksida. Maske sa celo lice sa filterima mogu delimično zaštititi od respiratornih nadražaja (aldehida) i CO.

### 3.3 Eksplozivi<sup>18</sup>

#### 3.3.1 Standardna lična zaštitna oprema (LZO) za neopasne situacije

Dostupnost i obuka o pravilnoj upotrebi osnovnih ličnih zaštitnih sredstava (LZO) preduslov je za sve osoblje uključeno u suzbijanje požara, bez obzira na dodatnu zaštitnu opremu za gašenje požara na kontaminiranom terenu. Ključni zahtjevi za LZO uključuju sledeće uslove:

- ne sme doprineti umoru;
- ne smije popustiti prerano;
- mora biti funkcionalna, izdržljiva, udobna i ekonomična.

Zabrinutost o komforu je prvenstveno zbog toplotnog stresa i težine LZO, s obzirom da vatrogasac često radi u dužem vremenskom periodu od 12-16 sati u okolini sa visokim temperaturama.

---

18 Autor: J.G. Goldamer

Osnovne komponente osnovnog LZO uključuju sledeće:<sup>19</sup>

### Kacige

Kritični deo LZO-a, kacige su spasile su mnogo života i sprečile ozbiljne povrede štiteći nosioce od padanja stabala i kamenja. Trenutni modeli moraju ispunjavati EU propise o vatrogasnoj zaštiti EN 397, EN 443 i EN 12492.<sup>20</sup> Vatrogasna kaciga treba biti napravljena iz jednog komada ABS PC i nositi sledeće spoljašnje elemente:

- ventilacijski sistem;
- sistem sidrenja za naočare;
- pincete za prednji svetlosni sistem;
- sidrenje za svjetiljknu;
- sistem sidrenja za preklopne vizire;
- sistem sidrenja za zaštitnike vrata;
- sistem sidrenja za radio i video sisteme; i
- treba da budu projektovani tako da se koriste zajedno sa zaštitnicima za uši.

Unutrašnji kaiš treba imati sistem za podešavanje zajedno sa podložnom tkaninom za disanje.

---

<sup>19</sup> Za ilustracije: Vidi Aneks

<sup>20</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/personal-protective-equipment/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/personal-protective-equipment/index_en.htm)

## **Jakne / majice, pantalone i čizme**

Generalno, žute majice i zelene pantalone su napravljene od aramidne tkanine (Nomex III R). Aramidne tkanine su izdržljive i pružaju dobru topotnu zaštitu. Kao i većina tkanina, aramid gori ako je izložen plamenu, ali sagorevanje prestaje kada se plamen ukloni. Umjesto da se topi ili gori do pepela, on formira sloj koji pomaže u zaštiti kože. Veliko iskustvo u požarima pokazalo je da je opuštena odeća važnija u sprečavanju ozbiljnih povreda nego od otpornosti materijala na vatru. Odeća koja je čvrsto spojena predstavlja opasnost od sjajnog topote i topotnog stresa, a istovremeno smanjuje sposobnost vatrogasaca da radi. Odeća otporna na plamen treba biti dizajnirana tako da kretanje nosioca indukuje ventilaciju, što smanjuje vlagu pomoću efekta štapića. Najprihvativiji su vatrootporni slojevi sa sledećim karakteristikama:

- do četiri prednja džepa sa sistemom za jednostavno otvaranje, posebno dizajniran za rukavice. Jedan od džepova može nositi prenosivi radio-predajnik;
- jedan vodootporni unutrašnji džep dizajniran posebno za dokumente;
- Velcro da bi držao ID (ime vatrogasca) na grudima;
- prsten za vezivanje radio predajnika na ramenu;
- Manžete se mogu prilagoditi iznutra ili spolja pomoću Velcro-a;
- podignuti okovratnik na leđima kako bi se osigurala zaštita vrata;
- podesiv lapel za zaštitu vrata od Velcroa;
- sistem za fiksiranje dimne maske;
- centralni lako otvorljiv patent zatvarač, brz i siguran;
- jarko žuta tkanina (kako bi se osigurala dobra vidljivost vatrogasca na vegetiranom terenu) na osnovu Nomex vlakana i troslojnih 265 gr/cm<sup>3</sup> VISCOSA FR, kako bi se garantovala dovoljna topotna izolacija i zaštita od zračenja;
- Nomex šavovi i da su vrlo otporni na trljanje i habanje izazvano šumskim okruženjem;
- Široke vidljive trake visoke vidljivosti će osigurati poboljšanu vidljivost.

Pantalone treba napraviti od tkanine otpornog na vatru (žute ili bilo koje druge boje) i trebalo bi da imaju širok dizajn koji olakšava slobodu kretanja.

Požarnikarstvo u gusto vegetiranom, ponekad strmom i neujednačenom terenu zahteva stabilne čizme. Padovi i klizanja predstavljaju više od 15 posto svih povreda u požarima. Stoga su neprokлизне podloge neophodne. Čizme treba napraviti od vatrootporne kože i vodonepropusnog sloja.

## **Rukavice**

Rukavice moraju biti specijalno dizajnirane da zaštite ruke vatrogasaca od plikova, sječenja, ogrebotina i sitnih opeketina tokom rutinskog gašenja vatre. Oni takođe igraju važnu ulogu protivpožarne zaštite u slučaju nesreće vazduhoplova ili ugrožavanja od požara. Pregledi proteklih požarnih ugrožaja pokazali su da, bez rukavica, vatrogasac rizikuje gubitak prstiju od ozbiljnih opeketina. Ovo takođe može biti tačno sa konvencionalnim radnim rukavicama koje su valjane u ulju koje se sužavaju ili smanjuju pri jakom zagrevanju. Osobe koje su bile uklještene vatrom takođe prijavljuju da su rukavice neophodne za držanje vrelih materijala uz zemlju bez opeketina.

## **Zaštita očiju**

Zaštita od dima, prašine i malih letećih objekata je od suštinskog značaja. Naočare treba udobno nositi za smjene od 8-16 sati. Poželjno je fiksiranje naočara o zaštitnoj kacigi. Naočare imaju sledeće karakteristike:

- donja i gornja ventilacija;
- pena otvorenih potra koja obuhvata sve vrste prašine;

- brz sistem montaže (elastični pojaz sa brzim bočnim mehanizmom otključavanja);
- dvokrilna polikarbonatna sočiva, tretman protiv magle unutra i zaštita od grebanja spolja;
- mekana, antialergijska pjenasta traka koja je blago prilepljena na lice za zaštitu od grubog praha i stopljenih metala;
- Svi materijali ovih naočara moraju biti retardantni i ispunjavati standarde sertifikacije (CE standardi - ANSI Z87.1-2003/MIL-V-43511C Klauzula 3.5.10 STANAG 2920/4296).

### **Vatrogasna maska**

Protivpožarna zaštitna maska će zaštititi lice od zračenja, pomaže u sprečavanju opeketina i smanjenju udisanja dima i pepela, zahvaljujući svom filteru čestica umetnutim unutar maske. Maska treba imati:

- filter sa aktivnim ugljem;
- ventili za izdisavanje;
- reflektivne trake visoke vidljivosti;
- tkanina: Nomex;
- standardi certifikacije maske: EN 531 (A B1 C1) EN 15614;
- Standardi sertifikacije filtera: EN 149:2001 FFP1.

### **Štitnik vrata**

Štitnici vratova se koriste za zaštitu šumskog vatrogasčevog vrata od visokih temperatura i plamena i moraju ispunjavati standarde sertifikacije (EN 340/03 EN ISO 11612/08 EN 15614/0).

### **Sklonište**

Vatrogasno sklonište je postala važna komponenta LZO. Štitnik poput šatora je jedini komad opreme koji nudi zaštitu od spašavanja u slučaju uhićenosti. Skloništa su izrađena od aluminijuma, fiberglasa i Textara, odražavaju toplotu zračenja, daju vazduh i štite pluća i disajne puteve od plamena i vrućih gasova, vodećih ubica u uhićenosti. Standardi certifikacije moraju biti ispunjeni: UNE - EN ISO9151:1995, EN ISO11612:2010 i EN ISO6942:2002.

### **3.3.2 Lična zaštitna oprema (LZO) za borbu protiv požara na terenu sa visokim rizikom od eksplozija**

Protivpožarna zaštita na terenu zagađenom radioaktivnošću, hemikalijama i eksplozivima/kopnenim minama zahteva dodatnu zaštitu. Za razliku od zaštite vatrogasaca od hemikalija, zaštita od eksploziva zahtijeva jak fizički oklop osmišljen da apsorbuje i/ili odbije udare fragmenata. Za vatrogasce, modularni taktički prsluci ojačani tvrdim pločama, slično oklopu kojeg koriste borbeni vojnici ili timovi za odlaganje mina, neophodni su u situacijama spašavanja pod visokim rizičnim uslovima ili u slučaju potrebe za kontrolom požara u blizini gde ima NUS (standardi koje treba ispuniti: NIJ-3A). Balistički šlemovi dizajnirani za deminiranje obično su opremljeni balističkim vizirom.

## **4. OPREMA ZA KONTROLU POŽARA KAO I NAJBOLJE I NAJBEZBEDNIJE VATROGASNE PRAKSE ZA ZAŠТИTU NA KONTAMINIRANIM TERENIMA**

### **4.1 Radioaktivna kontaminacija<sup>21</sup>**

10 kilometarska zona isključenja ČNC karakteriše najviši nivo doze radioaktivne kontaminacije koji ugrožava zdravje vatrogasaca (Slika1). Zbog te činjenice neophodne su daljinske instrumentalne tehnike za suzbijanje požara u cilju minimiziranja boravka osoblja na veoma zagađenom području.

Metode i alati koji se koriste za suzbijanje požara na teritoriji koja je zagađena radioaktivnim materijama mora biti odabrana s ciljem minimiziranja oslobađanja radioaktivnih aerosola koji sadrže radionuklide alfa (238Pu, 239Pu, 240Pu i 241Am) sa površine tla, kao i vrijeme koje je osoblje izloženo dimu. Viši sadržaj vlažnosti goriva smanjuje oslobađanje radioaktivnih aerosola. Korišćenje automobila i teških mašina opremljenih zatvorenim kabinama (filtrirani vazduh pod pritiskom) dozvoljava smanjenje udara do desetina pa čak i stotina puta od inhalacije radionuklida sa strane vatrogasaca.

Najveće smanjenje očekivanih doza spoljašnjeg, kao i unutrašnjeg zračenja postiže se ako se za gašenje požara primenjuje vazduhoplovna oprema (helikopteri, avioni). Ako je radioaktivna kontaminacija nakon završetka radova na suzbijanju požara prevazilazila dopuštene nivoe, mora se preduzeti dekontaminacija opreme i alata.

U izuzetno radijacionim okruženjima, mogu se koristiti oklopna vozila i borbena izviđačka patrolna vozila prilagođena specifičnim zadacima. Opasnost od aktiviranja materijala je mali zbog odsustva velikih neutronskih tokova (osim u neposrednom periodu katastrofe nuklearnog reaktora), međutim, dekontaminacija opreme na kraju službe ostaje važna.

#### **4.1.1 Dekontaminacija**

Krajnji cilj dekontaminacije je eliminisanje ili smanjenje štetnih efekata joniziranog zračenja na ljudsko telo. Karakteristika dekontaminacije je striktno diferenciran pristup pri definisanju predmeta koji se trebaju dekontaminirati. To omogućava prioritizaciju aktivnosti u skladu sa opasnostima za život i optimalno korištenje radne snage i opreme.

Kontaminacija može biti adhezivna, površna i duboka. U slučaju adhezivne kontaminacije, ona lako se uklanja sa površine ako je sila razdvajanja veća od sile prianjanja. U vodenom okruženju, sila za lepljenje se značajno smanjuje, pa je upotreba vode za dekontaminaciju česta.

Manje uobičajeno, možete se suočiti sa slučajevima površinske i duboke kontaminacije. Oni su uzrokovani procesima adsorpcije, jonske razmene i difuzije. U ovim slučajevima, kompletan gornji sloj mora biti uklonjen zajedno sa radioaktivnim supstancama.

Sve metode dekontaminacije mogu se podeliti na tečne i suve.

Tečnost: uklanjanje kontaminacije mlazom vode ili pare, ili kao rezultat fizičkih i hemijskih procesa između tečnog medija i zagađivača. Efikasnost zavisi od protoka tečnosti, udaljenosti do površine koja se tretira i upotrebljenih aditiva. Najveći faktor dekontaminacije postiže se kada je pravac mlaznja pod uglom od 30-45° do radnog komada. Da biste smanjili količinu vode, koristite upotrebljene četke

<sup>21</sup> Authors: J.G. Goldammer, St. Robinson and S. Zibtsev

Suvo: mehaničko uklanjanje kroz čišćenje, usisavanje, izduvavanje, uklanjanje zagađenog sloja, ukop tla.

Aditivi mogu povećati efikasnost dekontaminacije:

Deterdžentnost vode se može poboljšati dodavanjem 0,1-0,5% površinskih aktivnih materija, kao što su sapun, gardinol (prašak bele ili kremaste boje, lako rastvorljiv u vodi, kako bi se formirao blago alkalni medijum), sulfonol (pasta ili u obliku smeđih ploča), OP-7 i OP-10 (industrijski vlažni agensi i emulgatori).

Kompleksna rešenja se mogu napraviti sa natrijum fosfatima, oksalnom kiselinom, limunskom kiselinom, vinskom kiselinom i njihove soli, natrijum heksametafosfatom i druge soli fosfornih kiselina.

- Za dekontaminaciju metalnih površina (mašine, oprema, prevozna sredstva) mogu se koristiti organski rastvarači (dihloroetan, benzen, kerozin, dizel gorivo).
- Sorbentni materijal i smole (jonski izmjenjivači) se mogu koristiti za uklanjanje radionuklida iz rastvora. Uobičajeni sorbent je posebno tretiran, aktivni ugljen finog zrna (npr. Karboferrogel).
- Dekontaminacija vozila i opreme može biti delimična ili potpuna. Delimična dekontaminacija bi bila samo komponenti sa kojima ljudi dolaze u kontakt tokom operacije. Kod dekontaminacije vozila potrebno je, prije svega, očistiti šator. Zatim se gornji deo kabine, poklopac motora, prednje staklo, blatoobraća i podnožje obrišu krpom. Zatim se unutrašnja površina tretira uključujući instrumente i kontrolu kokpita. Ako mašina treba da transportuje ljude, onda se prostor za utovar dalje očisti. Kompletna dekontaminacija se vrši izvan kontaminirane zone na specijalizovanim stanicama sa kapacitetom za prečišćavanje otpadnih voda.
- Dekontaminacija odjeće, obuće i LZO takođe može biti delimična ili potpuna. Sve zavisi od specifičnih uslova, stepena kontaminacije i preovlađujuće situacije. Delimična dekontaminacija se može izvršiti uklanjanjem odeće, obuće itd. i obesujući ih na pločama, užadima, drvećima, a zatim se temeljito tuku 20-30 minuta s metlom, četkom ili štapićima (dok nosite LZO kako bi izbegli kontaminaciju od prašine sa česticama). Gume, gumene materijale, sintetičke folije i koža moraju biti obrisanе tkaninom namočenom u vodu ili dekontaminacijskim rastvorom.
- Dekontaminacija opreme se treba preduzeti u blizini ili na zagađenom području kako bi se sprečilo širenje kontaminacije;
- U slučaju šumskih požara, aktiviranje materijala je malo verovatno. Dakle, dekontaminacija je uglavnom zadatak čišćenja opreme od čestica radioaktivne prašine. Ovo se može učiniti korišćenjem vode i deterdženata ili drugih rastvora kao što je gore opisano;
- Dok je u toku gašenje požara, kontaktne delovi opreme trebaju se redovno dekontaminirati. Na kraju misije, oprema mora biti potpuno dekontaminirana. Materijali koji se ne mogu dekontaminirati moraju se poslati na konačno odlaganje;
- Početni lični monitoring i napor dekontaminacije na sceni trebali bi se fokusirati na prevenciju akutnih zračenja.
- Krvna kontaminacija je sekundarna briga, posebno kada je zagađena lokacija i broj evakuiranih osoba veliki. Npr. postoji rizik od radioaktivnih aerosola koji proizlaze iz prljave odjeće;
- Osobama sa kontaminacijom na mestu  $> 2.2 \times 10^6$  dpm treba dati prioritet za dekontaminaciju.
- U složenim okolnostima može se zatražiti podrška jedinica za vojnu hemijsko-radiološku odbranu.

#### 4.2.1 Konačno odlaganje

Radioaktivni otpad iz dekontaminacije ili vatrogasnih aktivnosti treba odlagati u posebnim objektima. Tečne materije, na primjer, mogu se dovesti u prodavnice radioaktivnih otpada u nuklearnim elektranama ili drugim nuklearnim objektima.

#### 4.2 Hemijska kontaminacija<sup>22</sup>

Oprema za kontrolu požara i taktika vatrogasne zaštite koja se koriste u slučaju supresije vegetacijskih požara u zonama hemijskog zagađenja zavise od uslova terena, vrste i težine vatre, opterećenja goriva i nivoa lične obuke. Obično se hemijska preduzeća nalaze blizu reka na običnom terenu - tako šume oko njih su lako dostupne čak i za teška vatrogasna vozila kao i za srednja i mala vatrogasna vozila. To omogućava minimiziranje direktnog kontakta vatrogasnih grupa sa vatrenim linijama i minimiziranje kontakta sa dimom kontaminiranim hemijskim elementima.

U slučaju malih dimenzija (do 5 ha) vegetacijskog požara niskog i srednjeg intenziteta, klasične tehnike supresije požara mogu se primeniti s lokalizacijom razvoja vatre u prvoj fazi propraćene korištenjem obične vode ili vode sa retardantima ili pjenjušavim agensima ili koristeći traktore da bi napravili prelom vatra na vatrenoj liniji. U drugom slučaju, važan uslov je da kabina traktora mora biti opremljena sistemima za klimatizaciju i filtriranje. Timovi sa ručnim alatima mogu se primeniti za prlamanje vatre u slučaju da traktori ne mogu doći do potencijalnih granica požara.

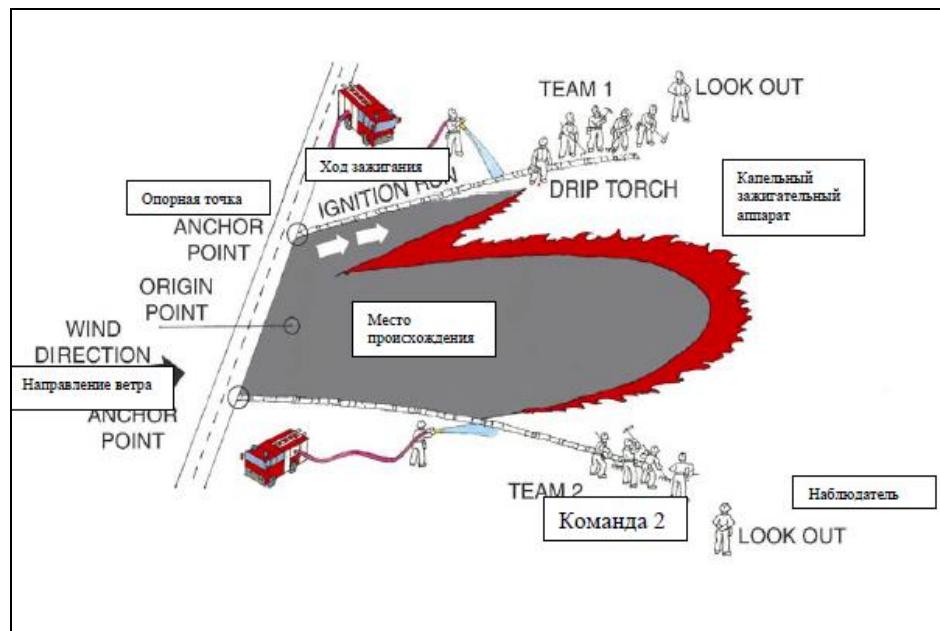
Direktni, paralelni ili indirektni napadi u zavisnosti od situacije mogu se koristiti za mala potiskivanja požara (Slike 12-14). U slučaju požara srednje veličine (5-25 ha), indirektni napadi se treba korištitи на основу prirodnih ili veštačkih vatrogasnih barijera. Tehnologija je opisana u EuroFire standardima kompetencija.<sup>23</sup>



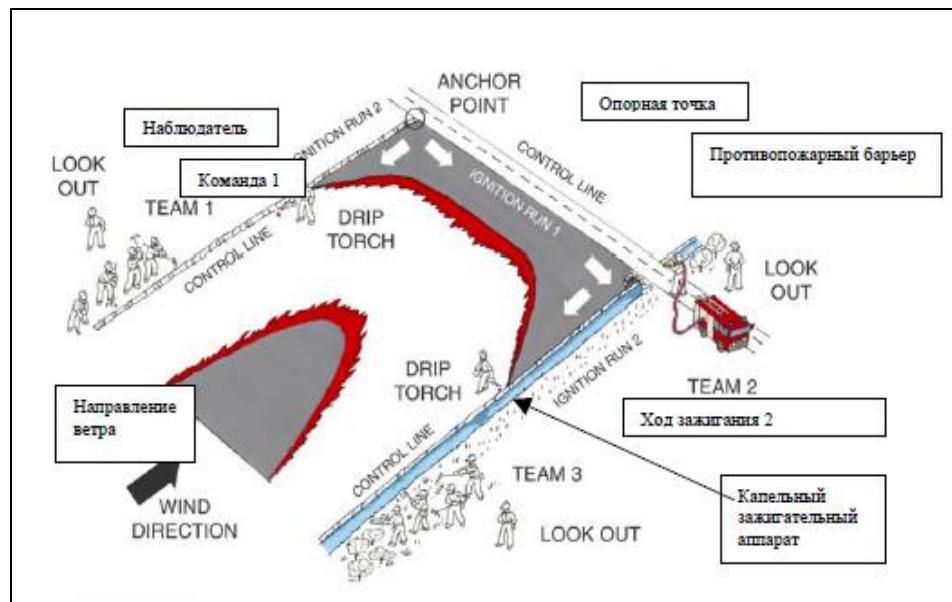
Slika 12. Šema 1 direktnog napada

<sup>22</sup> Autor: S. Zibcev

<sup>23</sup> EuroFire standardi kompetencija (<http://www.euro-fire.eu/>) za vatrogasce bila su razvijena od Globalnog Centra za Monitoriranje Požara i dostupni su na ukrajinskom jeziku ([http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/ef\\_ukr.html](http://www.fire.uni-freiburg.de/eurofire/ef_ukr.html))



Slika 13. Šema 2 direktnog napada



Slika 14. Šema indirektnog napada

Glavni cilj bilo kakve taktike za suzbijanje vatre je minimiziranje kontakta ručnih posada sa dimom tokom stvaranja preloma pomoću obavezne upotrebe maske za pola lica sa filterom duž ličnim radom na vatrogasnoj liniji. U slučaju velikih požara, samo vatrogasna vozila i retardanti se trebaju koristiti za zaustavljanje požara kroz primenu supresivnih sredstava na daljinu.

#### 4.3 Eksplozivi<sup>24</sup>

Protivpožarne eksplozije NUS-a i kopnenih mina zavise od istorije zagađenih lokacija. Uopšteno gledano, najveće pretnje postoje na zemljиштима u kojima su se ranije dogodili oružani sukobi, jer su sve municije

<sup>24</sup> Autor: J.G. Goldamer

(uključujući artiljerijske bombe, rakete, kasetne bombe i bombe) i mine koje su korišćene imale eksplozivna punjenja/bojeve glave (naoružana/živa municija). Ovo takođe može biti slučaj u aktivnim ili napuštenim područjima vojne obuke ili streljaštima gdje je korišćena municija. Međutim, u nekim područjima vojne obuke korišteni su samo pištolji ili municija za vežbanje, što dovodi do manjeg rizika od štetnih detonacija.

Iskustvo GFMC-a u upotrebi propisane vatre na terenu kontaminiranom sa NUS-om u Nemačkoj i procenu narativa incidenta šumskog požara dovelo je do sljedećih zaključaka (bez dovoljno velike baze podataka koja bi statistički mogla dokazati ova opažanja):

#### *Sezona požara*

Primećeno je da požari u toku hladne sezone, tj. zimske sezone, tj zimskoj sezoni severne hemisfere, rezultiraju manjim protipožarnim aktivnostima. Sa druge strane, požari u toku generalno vrele proleće ili ljetne vatrogasne sezone rezultiraju velikim brojem eksplozija. Razlog za ovo može biti opšta temperatura okoline tla i niži vazdušni sloj koji utiče na hlađenje ili prethodno zagrevanje NUS-a.

#### *Ponašanje vatre*

Površinska vatra koju pogoni vetar, pogotovo u svetlim gorivima (npr. travnjaci ili podgranost trave u otvorenim borovim šumama) generalno dovodi do marginalnog zagrevanja površine tla zbog svog kratkog boravka na lokaciji NUS-a. NUS može postati izložen višim temperaturama samo za kratko vreme i može biti potpuno nedirnut toplotom, posebno tokom hladne zimske sezone.

Međutim, vatra koja sporije gori protiv vetra, ima duže vrijeme boravka i time rezultira povećanim vremenskim razmakom neeksplodiranog NUS-a ili kopnene mine koja je izložena višim temperaturama.

Pored vetra, i topografija utjiče na vreme boravka vatre, tj. požar koji se brzo rasprostire ima kraće vreme boravka od požara koji sporo pada nizbrdo.

#### *Opterećenje goriva*

Količina živih ili mrtvih zapaljivih materijala (goriva) na površini/tlu određuje oslobođanje energije i, zajedno s ponašanjem vatre i topografijom, vreme boravka i oslobođanja energije na lokaciji NUS-a. Vatra koja brzo gori u sloju svetlih trava oslobađaće manje toplote na površinu tla u poređenju sa vatrom koja polako napreduje u gorivnom sloju koji se sastoji od velikog opterećenja zapaljivih materijala (mrtvo drveće, grane, grančice, igle, podgrupa vegetacije) ili u organskim slojevima (sirov humus ili đubrivo).

U Nemačkoj se pomenuto istraživanje i razvoj (2009 - 2014) obratilo upotrebi vatre na bivšem vojnom poligonu zagađenom neeksplodiranom ubojnim sredstvima. Iako se ovaj projekat prvenstveno fokusirao na korištenje propisane vatre za održavanje konzervatorskih područja visokih vrijednosti koje izazivaju poremećaje, proizvodi spin-off projekta omogućavaju korištenje koncepata i tehnologija u borbi protiv požara na kontaminiranom terenu. Iako konačni nalazi ovog projekta, koji je tehnički vođen od strane GFMC, još uvek nisu objavljeni, preliminarna iskustva i zaključci su ispoljeni od strane Goldamera i drugih (2012).

Spremnost eksplozije NUS-a takođe zavisi od starosti i stanja korozije metalne kutije eksplozivnog naboja. Kutije od korodiranih metala i hemijske reakcije sa ambijentalnim vazduhom, uključujući ambijentalnu toplotu, mogu dovesti do bržeg samopaljenja, npr. sumporne municije (trejser meci i sumporne bombe).

U nekim zemljama su propisani sigurnosni standardi za spaljivanje požara na terenu sa kontaminiranim NUS-om. Na primjer, u Njemačkoj, opšti zakon o vatrogasnoj službi propisuje sigurnosnu udaljenost od 500 m za požare na mestima s eksplozivom. Odlaganje eksplozivnih naprava (OEN)/sigurnosna pravila zahtevaju čak i vertikalno i horizontalno sigurnosno rastojanje od 1.000 m do sagorevanja NUS lokacija. Bez obzira na

sigurnosna pravila u drugim zemljama: Održavanje takve udaljenosti od požara neće dozvoliti nikakvu intervenciju, niti na terenu, ni zbog zračnih reakcija (vazdušno ispustanje vode, retardanti ili pena sa udaljenosti u stotinama metara neće rezultirati bilo kakvom efikasnošću suzbanju požara).

Dakle, postoje tri opcije za suzbijanje požara na terenu kontaminiranom NUS-om/kopnenim minama:

- U vremenskim uslovima niske opasnosti i intenziteta od požara (npr. tokom zime i ranog proleća), preovlađujuća svjetla goriva i površinski požari koji gore sa niskim do umerenim intenzitetom na terenu zagađenim vežbovnom i drugom municijom malog oružja, lokalni upravnik incidenta može odlučiti kako bi se omogućili konvencionalni pristupi u kontroli vatre stvaranjem vatrogasnih linija i pozadine na sigurnoj udaljenosti. Za supresiju vatre mogu se uključiti zračna sredstva.
- u rizičnim situacijama (velika opasnost od požara i intenzitet požara, očekivane eksplozije visokokvalitetnog NUS-a) zemaljsko osoblje može biti otpremljeno samo ako je na raspolaganju oklopna oprema za gašenje požara i/ili specijalna balistička zaštitna oprema ili
- daljinski kontrolisano ili autonomno upravljanje sredstvima za terenska i vazdušna sredstva koja se koriste za suzbijanje požara.

#### **4.3.1 Terenski radovi sa oklopnom opremom**

U proteklim decenijama brojne zemlje i preduzeća razvile su opremu za suzbijanje vatre, a naročito pretvorene bivše vojne tenkove, značajne u ranom periodu nakon hladnog rata u vreme kada je bio dostupan veliki broj viška vojnog hardvera za potencijalne civilne koristi. Gorenavedeni projekat istraživanja i razvoja (vidi odeljak 2.5.4 i 2.5.5, Goldamer i sar., 2012) obuhvatili su tri glavne komponente za sigurno korištenje propisane vatre za borbu protiv požara na terenu sa kontaminiranim NUS-om:

##### **Oklopna oprema za suzbijanje vatre**

Postojeći tenk za gašenje požara SPOT-55, proizveden u i za Oružane snage Češke Republike, korišćen je u potpunosti sa očuvanom oklopnom strukturom. Ovaj tenk obezbeđuje vodeni kontejner postavljen umesto kupole sa kapacitetom od 11.000 litara vode, protivpožarnom pumpom visokog pritiska i mlaznicama. Rezervoar, koji je dalje razvijen u Nemačkoj za upotrebu vatrogasaca na opasnom terenu, dodatno je opremljen sistemom kamera, satelitskom navigacijom/GPS sistemom i radio komunikacijom. Ova oprema omogućava posadi da radi u potpunosti zaštićena oklopom, navigacijom na terenu bez otvaranja vrata i ostati povezana preko komunikacijske veze sa komandnim centrom.

Komandir incidenta usmerava tenk na kritične lokacije gde je potrebna intervencija za suzbijanje. Navigacija je podržana korišćenjem bespilotnih letelica/sistema (BL/BS) koji su opisani u nastavku. Za ilustraciju: pogledajte slike 2.27 i 2.28 u aneksu.

U slučaju potrebe vatrogasaca ili spasilačkih timova koji ulaze na opasnu lokaciju požara, mora se obezbediti balistička zaštitna odjeća (vidi Odeljak 3.3.2 i slike 2.6 i 2.7 u Aneksu).

##### **Oklopna oprema za paljenje**

Za postavljanje propisanih požara, npr. za potrebe očuvanja, za stvaranje crnih požarnih linija/zaštitnih zona oko požara ili za povratnu vatru, razvijen je oklopni tenk za paljenje. Nemački projekat je pretvorio bivšeg češkog BMP-OT-R5 vozila za zapaljivanje u tenk za paljenje sa potpunom ličnom sigurnošću ostavljajući oklop nepromenjenim (Aneks, Slika 2.22).

Za spaljenja na rastojanjima do 80 m, montiran je Pyroshot Green Dragon® sistem na BMP-u kao lansirnik za uređaje za paljenje (Plastični sferični dispenzer - PSD) (slika 2.23). PSD ima veličinu kugle za ping-pong i

ispunjen je kalijum permanganatom ( $KMnO_4$ ). U trenutku ispučavanja, injekcija glikola dovodi do hemijske reakcije sa  $KMnO_4$  i dovodi do paljenja kapsule nakon ca.20 sekundi. Zapaljena kapsula zapali vegetaciju. Pored toga, BMP je opremljen sa bakljom za gorivo za terenska vozila (ATV) koji nudi paljenje na strani priključka BMP-a do udaljenosti od 6 metara koristeći mešavinu dizel-benzina od 4:1 (Prilog, Slike 2.24 do 2.25).

#### **4.3.2 Bespilona letelica/sistem (BL/BS) za kontrolu i koordinaciju rada**

Pošto komandir incidenta propisane operacije spaljivanja ili suzbivanja požara mora ostati na mjestu van sigurnosne zone do 1.000 metara udaljenosti i imajući na umu iste restrikcije nametnute i za letelice iz vazdušnog saobraćaja, obavezno je koristiti bespilotne letelice/sisteme (BL/BS) za dobijanje vizuelnih/taktičkih informacija u realnom vremenu o stanju požara, položaja i kretanja oklopnih kopnenih snaga i izviđenje situacije u kojima je potrebna intervencija. U gore pomenutom projektu u Nemačkoj, bespilotni mali helikopter tipa CT BEE 6B® korišćen je za stalni snimak i fotografija iz vazduha, koja se prenose na komandno mjesto incidenta u realnom vremenu. Komponenta za vazduhoplovno izviđanje, zbog pitanja vazdušne sigurnosti poželjno je koristiti BL/BS, i jeste preduslov za bilo kakvu operaciju gašenje požara na terenu kontaminiranim kopnenim minama i NUS (Prilog, Slike 2.27 do 2.30).

#### **Bepilotna terenska vozila za vatrogasnu podršku na opasnom terenu**

Nedavni razvoj daljinsko kontrolisanih mašina za siječu omogućava indirektni napad šumskog požara stvaranjem vatrogasne linije. Tehnologija omogućava kontrolnom osoblju da ostane izvan zone udara eksplozivne municije ili radioaktivne prašine. Prototip koji je razvio Vallfirest (VF Dronster) omogućava daljinsko upravljanje proizvodnjom požarnih linija u vegetacijskim tipovima s gorivima do 8 cm u prečniku (Aneks, Slike 2.17 do 2.18).

#### **BL/BS za protivpožarnu avijaciju**

Razvoj bespilotnih letelica za protivpožarne potrebe nedavno je dobio znatan potisak korporacije Lockheed Martin Corporation (U.S.A.), koja je uspešno testirala helikoptere bez pilota K-MAX na Međunarodnom aerodromu Griffits, dizanje u vazduhu i odlaganje vode na požare. U novembru 2014. ekipa koju je predvodila Lockheed Martin Corp. uspešno je testirala par bespilotnih letelica za bespilotne letove kako bi ugasila velike ili opasne požare bez ugrožavanja života pilota.

Cilj je da bespilotni BL može da se bori protiv požara danju i noću, u svim vremenskim uslovima, doći do opasnih područja bez rizika života. Kaman proizvodi helikopter K-MAX, opremljen Lockheed senzorima koji omogućavaju autonomno sakupljanje vode iz jezera i isporuku do lokacije požara (Aneks, Slike 2.31 i 2.32).

#### **BL/BS sa vazdušno spaljivanje**

Sa rizikom od eksplozije NUS-a aktiviranog od požara koji utiče na vazdušne platforme sa posadom, u toku je razvoj BL-a za vazdušno spaljivanje. Očekuje se da će 2015. godine biti dostupna sledeća generacija BL (helikoptera) za vazdušno paljenje propisanih požarnih područja i povratak (Slike 2.33 do 2.36).

## **5. ZAKLJUČCI I PREPORUKE**

Požari koji gore u zagađenim sredinama stvaraju dodatne, nestandardne opasnosti za vatrogasce i može imati negativne zdravstvene utjecaje na vatrogasce i na lokalno stanovništvo. U ovom izveštaju razmatrane su tri glavne vrste kontaminiranih sredina: (a) vegetacija zagađena radioaktivnošću kao posljedica nesreća nuklearnih elektrana, kao što su teritorije zagađene nakon havarije Reaktora 4 u NE Černobil 1986; (b) vegetacija oko hemijskih i industrijskih postrojenja kontaminiranih redovnim emisijama ili kao posljedica nesreća ili kao kolateralna šteta oružanih sukoba; (c) zone zagađene neeksplođiranim municijom u regionu bivših i sadašnjih oružanih sukoba ili aktivni i napušteni vojne poligoni.

Zaključeno je da je kontrola požara na kontaminiranom terenu izuzetno opasno i teško. Zbog toga se investicije moraju prioritizovati kako bi se obezbedila odgovarajuća oprema i povećala spremnost i sposobnost za bezbednu i efikasnu kontrolu požara sa ciljem smanjenja primarnih i sekundarnih opasnosti za vatrogasce i civilno stanovništvo.

Slijede sljedeće preporuke.

1. Moraju biti identifikovane, prilagođene i korišćene specijalne mere upravljanja vatrom, sredstva za ličnu zaštitu i taktike, kao i odgovarajuće službe za praćenje zdravlja i zaštite životne sredine u sigurnom protivpožarenju u navedenim sredinama.
2. Glavni rizik po zdravlju vatrogasca nastaje dimom od požara koji gori u vegetaciji zagađenom radionuklidima i hemikalijama. Kao posljedica toga, rukovodstvo mora sprovoditi korišćenje sredstava za zaštitu disanja i definirati i primjenjivati ograničenje vremena izlaganja vatrogascima na osnovu radioaktivnih i hemijskih rizika i prevladavajuće korištenje taktika indirektnog napada tokom suzbijanja.
3. Potrebni su planovi za dugoročno smanjenje opasnosti od požara i upravljanja gorivom (upravljanje zapaljivim materijalima). Kratkoročno ovo podrazumeva primjenu metoda za korištenje šumskih kultura i korištenja šuma pomoću mašina za šumarstvo/špeditera koji je pravilno opremljen sa filterima kako bi se izbeglo udisanje doza za operatere. Pored toga, strateško postavljene i redovno održavane vatre i prekidanja goriva smanjuju rizik od nekontrolisanog širenja požara. Dugoročno, potrebno je razviti strategiju za upravljanje i tretman žetve radioaktivnog drveta, uključujući specijalna postrojenja za spaljivanje radioaktivnih dijelova drveta sa sjedinjavanjem nuklearnog otpada i dugotrajnih kapaciteta za skladištenje. Bez takve dugoročne strategije, teško će se upravljati šumama i smanjiti rizici od požara putem uklanjanja mrtvog drveta.
4. Osoblje vatrogasnih službi u područjima sa opasnostima od nuklearne ili hemijske kontaminacije treba pravilno obučiti i opremiti za borbu protiv požara i razumjeti ove nestandardne rizike. Sistem podrške odlučivanju za suzbijanje požara i sisteme za praćenje iz vazduha bi omogućile komandantu incidenta da kontroliše vreme ekspozicije vatrogasaca na liniji vatre sa stanovišta usklađenosti sa pojedinačnim normama o radioaktivnoj i hemijskoj sigurnosti.
5. Protivpožarna zaštita na terenu zagađena neeksplođiranim ubojnim sredstvima (NUS) i mina zahtevaju različita sredstva za LZO i opremu koja osiguravaju zaštitu osoblja ponovo balističkim uticajima eksplozivne municije. Postoje tri opcije za suzbijanje požara na terenu koji je zagađen NUS/minama:

- u vremenskim uslovima niske opasnosti i intenziteta od požara (npr. tokom zime i ranog proleća), preovlađujuća laka goriva i površinski požari koji gore sa niskim do umerenim intenzitetom na terenu zagađenim vežbama i drugom municijom malog oružja, lokalni upravnik incidenta može odlučiti kako bi se omogućio konvencionalni pristup u kontrolisanju vatre stvaranjem vatrogasnih linija i pozadine na sigurnoj udaljenosti. Za supresiju požara mogu se uključiti i zračna sredstva.
- u rizičnim situacijama (velika opasnost od požara i jak intenzitet požara, očekivane eksplozije visokokvalitetnog NUS-a) terensko osoblje može se otpremiti samo ako je na raspolaganju oklopna oprema za gašenje požara i/ili specijalna balistička zaštitna oprema ili
- daljinski kontrolisano ili autonomno upravljanje sredstvima za terenska i vazdušna sredstva koja se koriste za suzbijanje požara.

Za sve tipove kontaminiranog terena, rano otkrivanje, nadzor i kontrola požara zahtijeva napredna rešenja koja bi smanjila rad na mestu i prisustvo ljudi. Daljinsko rano otkrivanje požara (automatizovana i autonomna radna oprema za brzo otkrivanje vegetativnog vatrogasnog dima ili toplice) i besposadnih, daljinski kontrolisanih ili autonomno pokretnih vozila ili vazdušnih sistema (BL/BS) obezbeđuje značajno smanjenje zdravstvenih opasnosti, povreda ili smrtnosti vatrogasaca. Najnaprednija rešenja za bespilotne letelice i terensko vatrogasništvo zaslužuju pažnju za upotrebu u praksi.

## REFERENCES

- Adolph, E. F. 1947. Physiology of man in the desert. Interscience. 53 p.
- Anonymous. 1997. Radiation safety norms of Ukraine (RSNU-97). Kyiv. (in Ukr.).
- Anonymous. 2008a. Radiation safety rules during carrying out of works in the exclusion zone and zone of absolute resettlement, implemented by the order of MH and ME of 04.04. 2008 № 179/276. (Ukr.).
- Anonymous. 2008b. The basic control level, level and release level action on radioactive contamination of the Exclusion zone, Ministry of Ukraine, Kyiv, 2008, 11p. (Ukr.).
- Booze, T.F., Reinhardt, T.E., Quiring, S.J., and Ottmar, R.D. 2004. A screening-level assessment of health risks of chronic smoke exposure for wildland fire-fighters. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1, 296-305.
- Bytnerowicz, A., Arbaugh, M., Riebau, A., and Andersen, C. (eds.). 2009. Wildland fires and air pollution. Elsevier B.V., Developments in Environmental Science, Vol. 8, Amsterdam-Boston, 687 p.
- CEPA (Canadian Environmental Protection Act). 1999. National Ambient Air Quality Objectives of particulate matter Part 1, Science Assessment document. Minister Public Works and Government Services, Cat. No. H46-2/98-220-1E. Cesti, G. 2006. Effects of forest fire smoke. *FFNet* 4, 113-126.
- Cuddy, J.S., Ham, J.A., Harger, S. (and others). 2008. Effects of an electrolyte additive on hydration and drinking behavior during wildfire suppression. *Wilderness and Environmental Medicine* 19 (3), 172-180.
- Domitrovich, J., and Sharkey, B. 2010. Heat Illness Basics for Wildland Firefighters. In: Fire Tech Tips. Technology and development program. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 8 p.
- Eckerman K.F. and Ryman, J.C. 1993. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. Federal Guidance Report No. 12, EPA-402-R-93-081, Oak Ridge National Laboratory, USA, 238 p.
- Evangelou N., Balkanski Y., Cozic A., Hao, W., and Møller A. 2014. Wildfires in Chernobyl – contaminated forests and risks to the population and the environment: A new nuclear disaster about to happen? *Environment International* 73, 346-358.
- Evangelou, N., Balkanski, Y., Cozic, A., Hao, W. M., Mouillot, F., Thonicke, K., Paugam, R., Zibtsev, S., Mousseau, T. A., Wang, R., Poulter, B., Petkov, A., Yue, C., Cadule, P., Koffi, B., Kaiser, J. W., and Møller, A.P. 2015. Fire evolution in the radioactive forests of Ukraine and Belarus: Future risks for the population and the environment. *Ecological Monographs* 85 (1), 49-72.
- FKS (Feuerwehr Koordination Schweiz). 2014. Handbuch für ABC-Einsätze. Version 04.2014 (German and French). Available online: <http://www.feukos.ch/de/abc-einsatze/handbuch-fur-abc-einsatze/>
- Goldammer, J.G. (ed.) 2009. White Paper on Use of Prescribed Fire in Land Management, Nature Conservation and Forestry in Temperate-Boreal Eurasia. Results and recommendations of the Symposium on Fire Management in Cultural and Natural Landscapes, Nature Conservation and Forestry in Temperate-Boreal Eurasia and members of the Eurasian Fire in Nature Conservation Network (EFNCN), Freiburg, Germany, 25-27 January 2008. Fire Ecology Research Group/ Global Fire Monitoring Center, 28 p. UNECE/FAO International Forest Fire News No. 38, 133-152.
- Goldammer, J.G. 2013a. Beyond Climate Change: Wildland Fires and Human Security in Cultural Landscapes in Transition – Examples from Temperate-Boreal Eurasia. Chapter 22 in: Vegetation Fires and Global Change: Challenges for Concerted International Action. A White Paper directed to the United Nations and International Organizations (J.G. Goldammer, ed.), 285-311. A publication of the Global Fire Monitoring Center (GFMC). Kessel Publishing House, Remagen-Oberwinter, 398 p.
- Goldammer, J.G. (ed.) 2013b. Prescribed Burning in Russia and Neighbouring Temperate-Boreal Eurasia. A publication of the Global Fire Monitoring Center (GFMC). Kessel Publishing House, 326 p.
- Goldammer, J.G., M. Statheropoulos, and M.O. Andreae. 2009. Impacts of vegetation fire emissions on the environment, human health and security – A global perspective. In: Wildland fires and air pollution (A. Bytnerowicz, M. Arbaugh, A. Riebau, and C. Andersen, eds.), 3-36. Elsevier B.V., Developments in Environmental Science, Vol. 8, Amsterdam-Boston, 687 p.

- Goldammer, J.G., E. Brunn, A. Held, A. Johst, S. Kathke, F. Meyer, K. Pahl, A. Restas, and J. Schulz. 2012. Kontrolliertes Brennen zur Pflege von Zwerstrauchheiden (*Calluna vulgaris*) auf munitionsbelasteten Flächen: Problemstellung, bisherige Erfahrungen und geplantes Vorgehen im Pilotvorhaben im Naturschutzgebiet „Heidehof-Golmberg“ (Landkreis Teltow-Fläming). Naturschutz und Biologische Vielfalt 127, 65-95.
- Heil, A., and Goldammer, J.G. 2001. Smoke-haze pollution: A review of the 1997 episode in Southeast Asia. Reg. Environ. Change 2, 24-37.
- Hendrie, A.L., Brotherhood, J.R., Budd, G.M. (and others). 1997. Project Aquarius 8. Sweating, drinking, and dehydration in men suppressing wildland fires. International Journal of Wildland Fire 7(2), 145-158.
- IAEA. 2010. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. Vienna: IAEA-TRS-472. - 194p.
- IAEA. 2011. Radiation protection and safety of radiation sources : international basic safety standards: general safety requirements. – Interim edition. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 303 p.
- Ipatiev V.A. (eds.). 1999. Forest. People. Chernobyl. Forest ecosystems after the Chernobyl accident: The state, the forecast, the reaction of the population, ways of rehabilitation. Gomel: Institute of Forest of NAS of Belarus, 452 p. (Rus.).
- Johnson, R. 1999. Guidance on measures in forest fire emergency cases. In: Goh, K.-T., Schwela, D., Goldammer, J.G., and Simpson, O., eds. Health guidelines for vegetation fire events-background papers, 6–9 October 1998. Lima, Peru, WHO/UNEP/WMO, pp. 411-465.
- Kashparov V.A. 2014. Experimental biogenic fluxes  $^{137}\text{Cs}$  in forest ecosystems. The scientific and research Report. NUBiP Ukraine, Kyiv, 81p. (Ukr.).
- Kashparov, V.A., Ahmdach N., Zvarich S.I., Yoschenko, V.I., Maloshtan, I.N., and Dewiere, L. 2004. Kinetics of dissolution of Chernobyl fuel particles in soil in natural conditions. //Journal of Environmental Radioactivity 72 (3), 335-353.
- Kashparov, V.A., Ivanov, Yu.A., Zvarich, S.I., Protsak, V.P., Khomutinin, Yu.V., Kurepin, A.D., and Pazukhin E.M. 1996. Formation of Hot Particles During the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident. Nuclear Technology 114 (1), 246-253.
- Kashparov, V.A., Lundin, S.M., Kadygrib, A.M., Protsak, V.P., Levchuk, S.E., Yoschenko, V.I., Kashpur, V.A., and Talerko, N.M. 2000. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of fire-fighters. Journal of Environmental Radioactivity 51, 281-298.
- Kashparov, V.A., Lundin, S.M., Khomutinin, Yu.V., Kaminsky, S.P., Levchuk, S.E., .Protsak, V.P., Kadygrib, A.M., Zvarich, S.I., Yoschenko, V.I., and Tschiersch, J. 2001. Soil contamination with  $^{90}\text{Sr}$  in the near zone of the Chernobyl accident. Journal of Environment Radioactivity 56 (3), 285-298.
- Kashparov, V.A., Lundin, S.M., Zvarich, S.I., Yoschenko, V.I., Levchuk, S.E., Khomutinin, Yu.V., Maloshtan, I.N., and Protsak, V.P. 2003. Territory contamination with the radionuclides representing the fuel component of Chernobyl fallout. The Science of the Total Environment 317 (1-3), 105-119.
- Kelly, J. 1992. U.S. Department of the Interior National Park Service, Health Hazard Evaluation Report, Heta 92-045-2260, NIOSH. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/firefighting>.
- Koppmann, R., Czapiewski, K.von., and Reid, J.S. 2005. A review of biomass burning emissions, part I: Gaseous emissions of carbon monoxide, methane, volatile organic compounds, and nitrogen containing compounds. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 5, 10455-10516.
- Krasnov, V.P. 1999. Scientific basis of the use of forest products in terms of radioactive contamination of forests. Doctoral thesis, 39 p. (Ukr.).
- Kuriny, V.D., Ivanov, Yu.A., Kashparov, V.A., Loshchilov, N.A., Protsak, V.P., Yudin, E.B., Zhyrba, M.A., and Parshakov, A.E. 1993. Particle-associated Chernobyl fall-out in the local and intermediate zones. Annals of Nuclear Energy 20 (6), 415-420.
- Lacaux, J.P., Brustet, J.M., Delmas, R., Menaut, J.C., Abbadie, L., Bonsang, B., Cachier,H., Baudet, J., Andreea, M.O., and Helas, G. 1995. Biomass burning in the tropical savannas of Ivory Coast: An overview of the field experiment fire of savannas (FOS/DECAFE 91). J. Atmos. Chem. 22, 195-216.

- Muraleedharan, T.R., Radojevic, M., Waugh, A., and Caruana, A. 2000. Chemical characterisation of the haze in Brunei Darussalam during the 1998 episode. *Atmos. Environ.* 34, 2725-2731.
- Malilay, J. 1998. A review, of factors affecting the human health impacts, of air pollutants from forest fires. In: Goh, K.-T., Schwela, D., Goldammer, J.G., and Simpson, O., eds. *Health guidelines for vegetation fire events-background papers*, 6–9 October 1998. Lima, Peru, WHO/UNEP/WMO 1999: *Health Guidelines for Vegetation Fire Events*, Lima, Peru, October 6–9, pp. 255-270.
- McDonald, J.D., Zielinska, B., Fujita, E., Sagebiel, J., and Chow, J. 2000. Fine particle and gaseous emission rates from residential wood combustion. *Environ. Sci. Technol.* 34, 2080-2091.
- Miranda, A.I. 2004. An integrated numerical system to estimate air quality effects of forest fires. *Int. J. Wildland Fire* 13, 217-226.
- Muraleedharan, T.R., Radojevic, M., Waugh, A., and Caruana, A. 2000. Chemical characterisation of the haze in Brunei Darussalam during the 1998 episode. *Atmos. Environ.* 34, 2725-2731.
- Paskevich, S.A. 2006. Radiation importance of phytocoenoses meadows and fallow Exclusion Zone to stage a late phase of the accident. Doctoral thesis. Kiev National University, 22 p. (Ukr.).
- Perevolotsky, A.N. 2006. Distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the forest Biogeocenoses. Gomel: RSRUE "Institute of Radiology", 255 p. (Rus.).
- Petrilli, T., Ackerman, M. 2008. Tests of undergarments exposed to fire. Tech Tip 0851–2348–MTDC. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center. 10 p.
- Radojevic, M. 2003. Chemistry of forest fires and regional haze with emphasis on Southeast Asia. *Pure Appl. Geophys.* 160, 157-187.
- Reh, C.M., and Deitchman, S.D. 1992. U.S. Department of the Interior National Park Service, Health Hazard Evaluation Report, Heta 88-320-2176, NIOSH. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/firefighting/>
- Reinhardt, T.E., and Ottmar, R.D. 2004. Baseline measurements of smoke exposure among wildland firefighters. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1, 593-606.
- Ruby, B.C., Scholler, D.A., Sharkey, B.J. (and others). 2003. Water turnover and changes in body composition during arduous wildfire suppression. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35 (10), 1760-1765.
- Sharkey, B. 2004. Wildland firefighter health and safety report: No. 8. Tech Rep. 0451–2802–MTDC. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center. 12 p.
- Shauer, J.J., Kleeman, M.J., Cass, G., and Simoneit, B.T. 2001. Measurement of emissions from air pollution sources. 3. C1–C29 organic compounds from fireplace combustion of wood. *Environ. Sci. Technol.* 35, 1716-1728.
- Sheglov A.I. 2000. Biogeochemistry of artificial radionuclides in forest ecosystems: materials 10 years of research in the area of influence of the Chernobyl accident. Nauka, 268 p. (Rus.).
- Shityuk K.F. 2011. Evaluate forest management in the area of radiation exposure from Chernobyl patterns of behavior of radionuclides in forest ecosystems. Doctoral thesis, NUBiP Ukraine, 24 p. (Ukr.).
- Statheropoulos, M., and Karma, S. 2007. Complexity and origin of the smoke components as measured near the flame-front of a real forest fire incident: A case study. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 78, 430-437.
- Steinhauser, G., Brandl, A., and Johnson, T. 2014. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: A review of the environmental impacts. *Science of the Total Environment* 470-471, 800-817.
- Trabalka, J., Eyman, L., and Auerbach, S. 1980. Analysis of the 1957-1958 Soviet nuclear accidents. *Science* 209 (4454), 345-53.
- Ward, D.E., 1999. Smoke from wildland fires. In: Goh, K.-T., Schwela, D., Goldammer, J.G., and Simpson, O., eds. *Health guidelines for vegetation fire events-background papers*, 6-9 October 1998. Lima, Peru, WHO/UNEP/WMO, pp. 70-85.
- Ward, T.J., and Smith, G.C., 2001. Air sampling study of the 2000 Montana Wildfire Season. Paper No 113. In: Proceedings of the Air and Waste Management. Conference, Orlando, Florida, USA.

Yoschenko, V.I., Kashparov, V.A., Levchuk, S.E., Glukhovskiy, A.S., Khomutinin, Yu.V., Protsak, V.P., Lundin, S.M., and Tschiersch, J. 2006. Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the Chernobyl Exclusion Zone: Part II. Modeling the transport process. *Journal of Environmental Radioactivity* 87 (3), 260-278.

Yoschenko, V.I., Kashparov, V.A., Protsak, V.P., Lundin, S.M., Levchuk, S.E., Kadygrib, A.M., Zvarich, S.I., Khomutinin, Yu.V., Maloshtan, I.M., Lanshin, V.P., Kovtun, M.V., and Tschiersch, J. 2006. Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the Chernobyl Exclusion Zone: Part I. Fire experiments. *Journal of Environmental Radioactivity* 86 (2), 143-163.

## ANNEX

### **Illustrations of Fire Problems and Fire Management Technologies on Terrain Contaminated by Radioactivity, Unexploded Ordnance (UXO) and Land Mines**

See following pages

## ANEKS

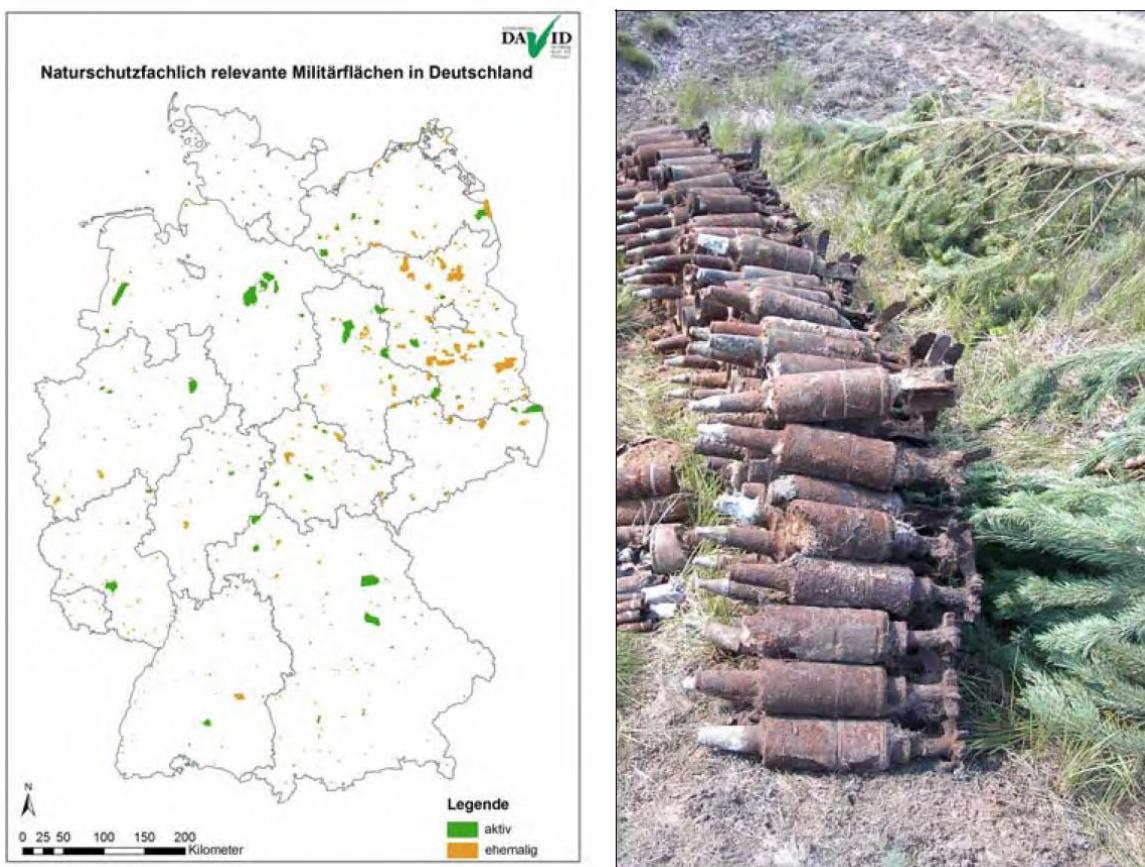
### Ilustracije problema sa vatrom i tehnologija upravljanja vatrom na terenu zagađenom radioaktivnošću, neeksploziranim sredstvima (NUS) i kopnenim minama

## ANNEX

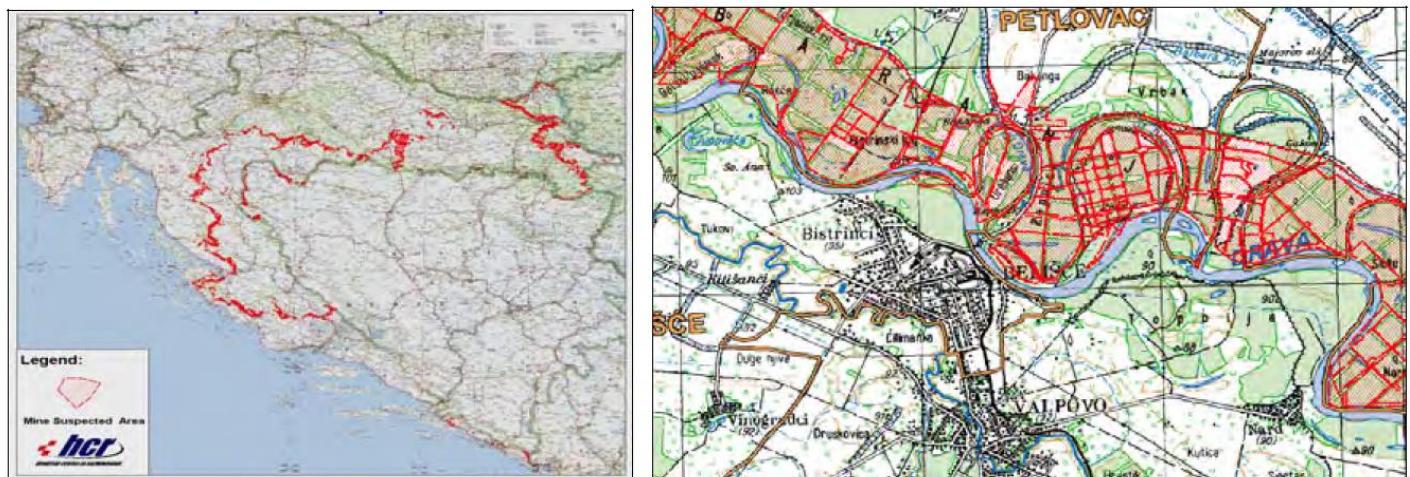
#### 1) Primeri eksplozivnih ostataka rata (EOR)/NUS i kopnenih mina sa potencijalnim pretnjama za vatrogasace i šumarskog osoblja



**Slike 1.1 do 1.3.** Upozoravajući znak za NUS na Južnom Kavkazu (levo). Neeksplozirane granate ugrađene u organski sloj, teško vidljive (sredina). Neeksplozirana bomba ugrađena u peščano zemljište, nekoliko centimetara ispod površine - pretnja za vozila koja manevriraju na terenu (Država Brandenburg, Nemačka). Fotografije: GFMC.



**Slike 1.4 do 1.5.** Karte bivših i aktivnih vojnih područja za obuku i streljišta u Nemačkoj (Izvor: Fondacija David) i NUS spremljen za otrstranjivanje sa strane OES tima (Dražava Brandenburg, bivši vojni poligon Jüterbog Ost.), Foto: GFMC.



**Slike 1.6 i 1.7.** Mape kontaminacije kopnenim minama u Hrvatskoj koje proizlaze iz oružanog sukoba devedesetih. Izvor: Hrvatski centar za razminiranje.



**Slike 1.8 do 1.10.** Kontaminacija kopnenim minama u Jermeniji. Izvor: Ministarstvo za vanredne situacije, Jermenija.



**Slike 1.11 i 1.12.** Eksplozije NUS-a na bivšem sovjetskom vojnom poligonu u Državi Brandenburg, Njemačka. Fotografije: Brandenburška državna šumska služba.



**Slike 1.13 do 1.14.** Neeksplodirane granate i bombe izložene nakon požara u državi Brandenburg, Istočna Nemačka (levo i sredina) i na južnom Kavkazu (Nagorno Karabah). Fotografije: GFMC.

**2) Primeri opšte opreme za ličnu zaštitu (OLZ) za bezbedno gašenje vegetacijskih požara i specijalizovana oklopna OLZ**



**Slike 2.1 do 2.3.** Zaštitne jakne, pantalone i lagani vatrogasni šлемovi sa naočarima i maskom za dim, kao što je to korišćeno u operacijama Global Fire Monitoring Centra (GFMC). Fotografije: GFMC.



**Slike 2.4 do 2.5.** OLZ koju koristi Global Fire Monitoring Center (GFMC) i partneri u Nemačkoj i Brazilu. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.6 do 2.7.** Zaštitni balistički prsluk, kaciga i vizir za zaštitu kontrolnih i spasilačkih timova od NUS i na terenima koji su zagađeni minama korišćene tokom operacija Global Fire Monitoring Centra (GFMC). Fotografije: GFMC.



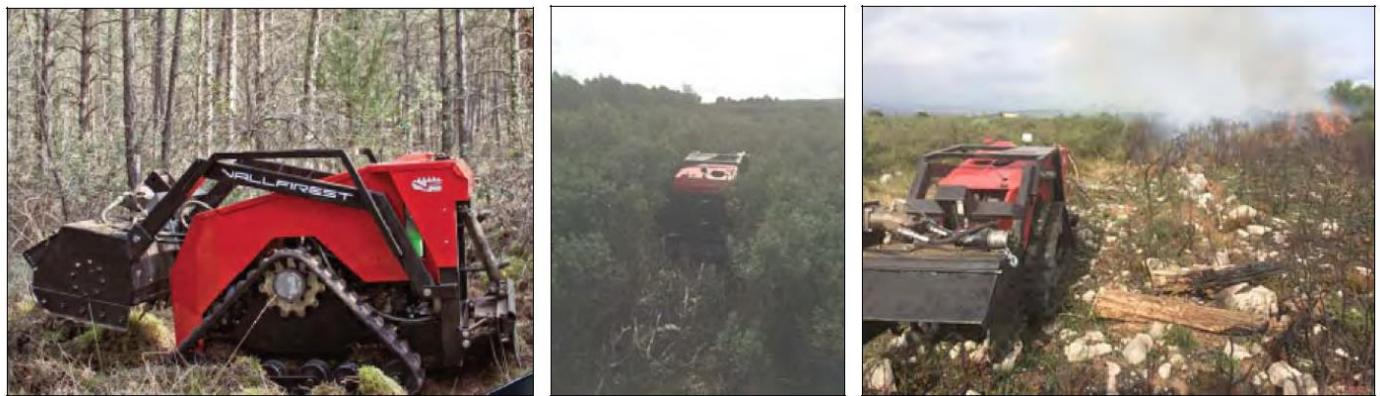
**Slike 2.8 do 2.10.** Obuka u korišćenju cijevi za kapanje kako bi se odredila propisana vatra za stvaranje "crne tampon zone" bez korištenja ručnih alata, iskopavanja i struganja, što uključuje rizik od udaranja u NUS, kopnenih mina ili oslobođanja kontaminirane prašine. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.11 do 2.13.** Obuka o upotrebi cijevi za kapanje kako bi postavili propisanu vatru za stvaranje "crne tampon zone" ili za smanjivanje zapaljivih materijala na površini šuma visokom opasnošću od požara. Stanica za istraživanje šuma Bojarka i Regionalni centar za kontrolu požara u Istočnoj Evropi, Kijev, Ukrajina. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.14 do 2.16.** Standardna vatrogasna situacija koja uključuje ručne alate za suzbijanje površinskih požara niskog do umerenog intenziteta u Brazilu (levo) i Nemačkoj (sredina i desno). Fotografije: GFMC.



**Slike 2.17 do 2.18.** Daljinski kontrolisana mašina sa oštricom koja je napravljena da izvede indirektni šumski vatrogasni napad stvaranjem vatrene linije. Ova tehnologija omogućava osoblju za kontrolu da ostane van zone udara eksplozivne municije ili radioaktivne prašine. Fotografije: Vallfirest.



**Slike 2.19 do 2.21.** Upotreba SPOT-55 vatrogasnog tenka, konvertovanog T-55 sa 11.000 l supresora vatre (vode, pene) kojim upravlja DiBuKa, Njemačka, kako bi se sigurno kontrolisali propisani požari ili požari na terenima sa NUS i terena sa radioaktivnom kontaminacijom. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.22 do 2.23.** Konvertovani BMP-OT-R5 tenk za upotrebu kao oklopni tenk za paljenje, opremljen Pyroshot Green Dragon®-om za paljenje zapaljivih uređaja za postavljanje propisanih ili pozadinskih požara. Fotografije: GFMC.



**Figures 2.24 to 2.25.** Converted BMP-OT-R5 tank for use as armored ignition tank, equipped additionally with an ATV drip torch to set prescribed or back fires. Photos: GFMC.



**Slika 2.26.** BMP-OT-R5 tenk za paljenje postavljajući propisanu vatru na NUS kontaminiranom terenu. Foto: GFMC.



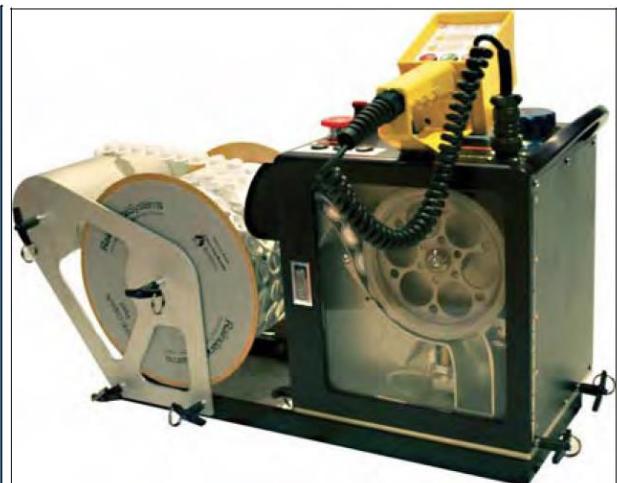
**Slike 2.27 do 2.28.** Bespilotni vazdušni sistemi (BVS), uključujući fiksne i helikopterske dronove ili privezane balone, su preduslov za upravljanje incidentnim šumskim požarama ili propisanog spaljivanja na kontaminiranim terenima u Nemačkoj. Prenos vazdušnih posmatranja vatre u realnom vremenu dozvoljava upravniku situacije da kontroliše operaciju sa sigurne udaljenosti i usmerava blindirana ili bezposadna kopnena vozila na lokaciju požara. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.29 do 2.30.** Operacije na zemlji koje su podržane sa BVS-om: posadni, tenk za paljenje (plavi) i tenk za gašenje požara (crveno-beli) usmereni su pomoću kontrole bespilotne letelice. Operacije GFMC-a u državi Brandenburg, Njemačka, na bivšim vojnim poligonima i borbenim pozorištima drugog svetskog rata. Fotografije: GFMC.



**Slike 2.31 do 2.32.** Lockheed Martin Korporacija (S.A.D.) uspešno je testirala helikoptere bez posade K-MAX na Međunarodnom aerodromu Griffiss, airlifting i odlaganje vode na kontroliranoj vatri 6. novembra 2014. godine. Fotografije: Lockheed Martin Corporation.



**Slike 2.33 do 2.34.** Vazdušno spaljivanje požarnog udara propisanih požara sa malim bespilotnih ili helikopterima sa posadom pomoću Raindance® miniaturiziranog sistema vazdušnog paljenja koji će omogućiti sigurne operacije bespilotnim putem na opasnim kontaminiranim terenima. Fotografije: Rainbow Services.



**Slike 2.35 to 2.36.** Šema vazdušnog paljenja. Fotografije: Working on Fire International.