

Dr Rade Biočanin,
pukovnik
Uprava za školstvo i obuku GŠ VSCG,
Beograd

HEMIJSKI UDESI I PROCENA RIZIKA

UDC: 504.054 : 614.878

Rezime:

Brojni su udesi vezani za transport i upotrebu hemijskih materija. Ova činjenica je važna i zbog toga što se naša zemlja nalazi na raskrsnici značajnih svetskih komunikacija kojima se ovakvi tereti prevoze. Veliki broj vrsta hemijskih materija može znatno da naruši životnu sredinu za duži period. Ovaj rad, kroz različite parametre, nastoji da prouči takvu mogućnost i ukaže na načine za prevenciju sličnih događaja i zaštitu stanovništva u miru i tokom ratnih dejstava. Ostvarenje projekta jedinstvenog sistema ABHO daje mogućnost da se, korišćenjem savremene opreme za komunikaciju i efikasnih jedinica za brzo reagovanje u realnom vremenu, uspešno obavi monitoring opasnosti, uzbunjivanje, zaštita i dekontaminacija.

Ključne reči: životna sredina, rizik, hemijski udesi, opasne materije, transport, kontaminacija, monitoring, zaštita, dekontaminacija, pokretni sistemi.

CHEMICAL ACCIDENTS AND HAZARD ASSESSMENT

Summary:

There is a growing number of accidents involving hazardous chemical substances during transportation. Serbia and Montenegro are at the crossroads of numerous important European transport links where a lot of such transports pass through. A great number of such substances can considerably damage environment for a very long period of time. This paper studies such events applying different parameters; it tries to point at successful prevention and protection from this threat at peace, as well as during war operations. The realization of the universal and united system of the NBCD of the Army of Serbia and Montenegro, together with modern communication equipment and very effective mobile units, enables on – time reaction and successful monitoring, alarming, protection and decontamination.

Key words: environment, hazard, chemical accident, hazardous substances, transport, contamination, monitoring, protection, decontamination, mobile systems.

Uvod

Udesi u stacionarnim objektima dešavaju se u proizvodnim sistemima, magacinima, rezervoarima, cevovodima, transportnim trakama i sl. Njihova osnovna karakteristika je da se zna tačna lokacija moguće havarije, a poznate su i vrste hemijskih supstanci koje se mogu izliti u

okolinu. Ono što se ne može unapred znati je vreme kada će doći do havarije.

Pri ovom razmatranju mora se voditi računa o količinama hemijskih supstanci, jer se one menjaju u toku proizvodnje, što zavisi od utroška, dinamike nabavke, zastoja u proizvodnji i drugih razloga. Međutim, sa stanovišta zaštite životne sredine i preduzimanja mera zaštite uvek se

mora računati sa maksimalnim brojem hemijskih jedinjenja koja se koriste, kao i količinama prisutnim u stacionarnom objektu. Jedino u ovom slučaju mogu se realno predvideti pouzdane mere za uklanjanje posledica hemijskih udesa.

Osnovni i najčešći izvori zagađenja urbanih sredina su: tehnološki procesi u industriji, sredstva saobraćaja, preduzeća, instituti i bolnice, termoelektrane, toplane, čvrst i tečan otpad, pesticidi i drugi zaprašivači, sredstva koja generišu buku i vibracije, NHB udesi i požari, elementarne nepogode, epidemijaska oboljenja, ratna razaranja i NHB terorizam.

Posledice hemijske kontaminacije

Kada se razmatraju posledice hemijske kontaminacije pri udesima, one se mogu svrstati u dve grupe. Prvu grupu čine akutne posledice, koje izazivaju smrt ili teška i laka povređivanja ljudi, razlivanje i širenje hemijskih supstanci u okolinu, sa mogućim hemijskim reakcijama i sagorevanjima, stvarajući zone visokog rizika. Drugu grupu posledica čine one koje izaziva prisustvo zagađujućih supstanci na površini zemljišta, odakle postupno prodiru u dublje slojeve zemlje, dospevajući i do vodonosnih slojeva. Atmosferske padavine ih prenose i do površinskih voda. U zavisnosti od isparljivosti mogu da kontaminiraju i vazduh iznad zemljišta. Posebnu opasnost čini zagađivanje vodonosnih slojeva koji čine izvorista pijaćih voda i vode za tehničku upotrebu. U slučaju kada prodiru u tekuće vode, mogu biti prenete i na priobalja vodotoka, odnosno u muljeve dna reke, delujući na floru i faunu.

Prema definiciji organizacije UN zagađivači su one egzogene supstance koje se sreću na neodgovarajućem mestu, u neodgovarajuće vreme i u neodgovarajućim količinama. Opasne materije se klasifikuju kao eksplozivi, zapaljive materije, oksidacione materije, materije osetljive na vlagu, na kiseline, toksične materije, korozivne materije i komprimovani gasovi.

Najvećim zagađivačima životne sredine smatraju se teški metali. Visok nivo zagađenja hidrosfere teškim metalima registrovan je, uglavnom, u priobalnim regionima i zatvorenim morima, na čijim se obalama nalaze veliki gradovi.

Najčešći zagađivači u radnoj i životnoj sredini i njihova distribucija u organizmu čoveka prikazani su u tabeli.

Distribucija opasnih materija u organizmu čoveka

„Napadnuti organi“	Vrsta opasne materije					
	Cijanid	Arsenik	Živa	Olovo	Kadmijum	Hrom
Mozak	*		*	*		
Srce	*	*	*	*		
Pluća	*	*		*	*	*
Želudac	*	*		*		*
Bubrezi		*	*	*	*	*
Jetra		*	*	*		
Creva				*	*	
Koža	*		*	*		
Ner. sistem		*		*		
Fetus			*	*		
Kosti				*	*	

Obezbeđenje od hemijskih udesa

Naznačene grupe posledica kontaminacije zahtevaju i adekvatne sisteme za zaustavljanje i uklanjanje posledica havarijskog zagađivanja. Prvi mora da bude sistem hitnih intervencija, čiji su ciljevi: izvlačenje unesrećenih ljudi, zaustavljanje izlivanja hemijskih supstanci, gašenje požara, zaustavljanje širenja daljeg razaranja i primarna neutralizacija izlivenih agensa. Ovaj sistem mora da počne da deluje u što kraćem vre-

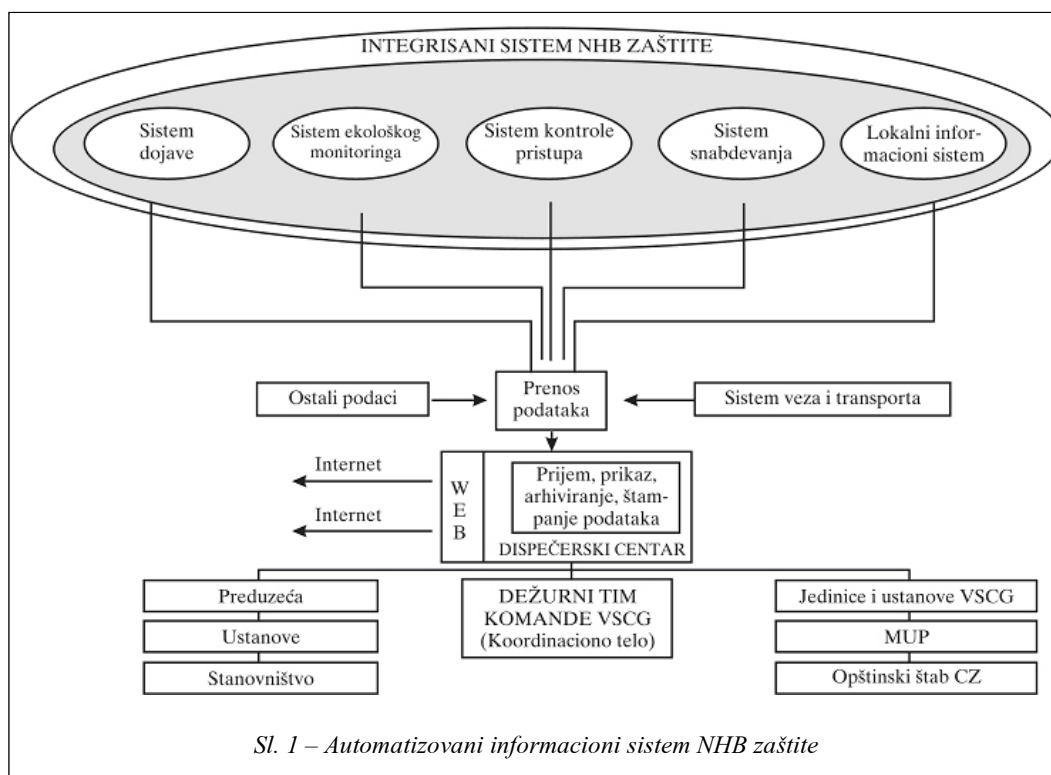
menu i što smišljenije. Sigurno je da u periodu od nastanka havarije do početka intervencije postoji tzv. „mrtvo vreme“, tj. ono u kojem se odvijaju određeni procesi i nastaju posledice. To znači da ne postoji apsolutna sigurnost da neće doći do posledica havarije, ali da će brzina intervencije znatno uticati na intenzitet posledica.

Takođe, veoma je bitna opremljenost i povezanost učesnika u hitnoj intervenciji. Ako toga nema može se desiti da npr. iz oštećenog vagona cisterne pri prolasku kroz nadvožnjak počne da ističe amonijak, a da pozvane službe zaštitnog sistema nemaju adekvatnu zaštitnu opremu. Brzo razlivanje amonijaka iz oštećene cisterne u sudaru stvara oblak sa visokom koncentracijom amonijaka, što stvara velike probleme i materijalnu štetu.

Ozbiljnost ove problematike ilustruju i saznanja dobijena snimanjem situacije u nekim gradovima u okviru proizvodnih preduzeća. Pored ostalih zaključaka konstatovano je da:

- većina preduzeća nije razradila sistem poslova i zadataka odgovarajućih lica u slučaju nastanka NHB udesa;
- nije urađen katastar zagađujućih agensa, a neka preduzeća nemaju ni podatke o opasnim materijama;
- stanje pripremljenosti za sprečavanje udesa nije na potrebnom nivou;
- osposobljavanje kadra i obuka radnika obavlja se samo za delovanje u slučaju požara i eksplozija, ali ne i u slučaju NHB udesa.

Drugi sistem čini niz mera, specifičnih za svaku havariju, radi uklanjanja posledica.



Sagledavanjem svih elemenata procene potencijalnog hemijskog udesa i njihovog međusobnog uticaja, donose se zaključci na osnovu kojih se planira i izvodi obezbeđenje od hemijskih udesa.

Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru u vojsci se reguliše naređenjem komandanta garnizona (aerodroma – sidrišta), u saradnji sa licima lokalne vlasti. Naređenje za organizaciju obezbeđenja načelno sadrži: cilj, zadatke, nosioce, snage i sredstva, mere i postupke, upozorenje – uzbuñivanje, mere hemijske zaštite, pravce i rejone evakuacije – sklanjanja, snage i način angažovanja u zadacima obezbeđenja, kontrolu hemijskog udesa, uklanjanje posledica, logistiku, komandovanje u vanrednoj situaciji, vezu, saradnju i dr.

Za efikasan odgovor na hemijski udes, u sadašnjim uslovima, neophodno je u okviru organizacijskih promena i dogradnje Vojske, definisati i formirati snage za izvršavanje specijalističkih zadataka u okviru obezbeđenja – zaštite životne sredine, a posebno jedinstven informaciono-upravljački sistem. Rešenje treba tražiti u okviru usavršavanja postojećeg sistema ABHO, odnosno njihovih podsistema. Takođe, potrebna je modernizacija sredstava i opreme, naročito za obezbeđenje – zaštitu od NHB udesa i osposobljavanje kadra koji će biti u mogućnosti da efikasno odgovori na NHB udes u miru i ratu.

Procena i prognoza hemijskih rizika

Određivanje i praćenje hemijske kontaminacije moguće je i poluempirijskim

putem pomoću matematičkog modela. U zoni udesa primarni oblak kontaminacije nastaje oslobađanjem pare, gasova i aerosola, nakon čega se pod uticajem meteoroloških uslova rasprostire na određeno rastojanje. Krupniji disperzni kontaminanti prvenstveno kontaminiraju zemljište i objekte, a zatim isparavaju i dovede do sekundarne kontaminacije atmosfere.

U nizu aktivnosti koje čine sastavni deo životne sredine, procena rizika ima strateški značaj. To je kompleksna procedura koja na posredan način opisuje svu težinu problema ugrožene životne sredine i nastale posledice.

Procena rizika obuhvata i analizu izloženosti jedinke, ili određene populacije, tokom proteklog vremena, analizu vrste i stepena negativnih uticaja na zdravlje, i procenu mogućih posledica u budućnosti za određene uslove izloženosti.

Analiza i procena rizika sastoji se od sledećih aktivnosti:

- sakupljanja podataka i njihove obrade (ovu grupu čini prepoznavanje ugrožene populacije, odnosno regiona i opasne supstance, tj. hazardal);
- procene izloženosti (odnosi se na analizu stepena izloženosti jedinke ili populacije opasnoj supstanci, uz određivanje vremena izloženosti pri određenoj dozi);
- ocene štetnosti i toksičnosti (kvalitativno i kvantitativno određivanje toksičnih supstanci, uz primenu proverenih analitičkih metoda i postupaka);
- karakterizacije rizika (prepoznavanje vrste rizika koju izaziva štetna supstanca i nivo pouzdanosti tokom karakterizacije rizika);
- sanacije rizika.

Izlaganje organizma dejstvu neke opasne hemikalije može da se proračuna uz primenu odgovarajućeg algoritma. Kako postoji niz načina da se ljudski organizam izlaže dejstvu opasnih supstanci (putem zagađenja vode, udisanjem zagađenog vazduha, unošenjem zagađene hrane, izlaganjem kože zagađenom vazduhu ili kontaktom kože sa zagađenim supstancama, zemljom, alatima i drugim), za svaki od slučajeva izlaganja postoji odgovarajući algoritam.

Za izračunavanje unesene količine određene isparljive hemijske supstance udisanjem može se upotrebiti jednačina:

$$UNOS = (Ks \cdot Bu \cdot Ve \cdot Fe \cdot Te) / (Tm \cdot Sv) \quad (1)$$

(mg /kg x dan)

gde je:

Ks – koncentracija kontaminacione supstance u vazduhu (mg/m³);

Bu – brzina udisanja (m³/h);

Ve – vreme ekspozicije (h/dan);

Fe – frekvencija ekspozicije (dan/god.);

Te – trajanje ekspozicije (god.);

Tm – telesna masa (kg);

Sv – srednje vreme (dan).

Za izračunavanje unesene količine određene hemikalije ishranom koristi se sledeća jednačina:

$$UNOS = (Kh \cdot Uf \cdot Fe \cdot Te) / (Tm \cdot Sv) \quad (2)$$

(mg /kg x dan)

gde je:

Kh – količina hrane ili vode (kg/obrok);

Uf – unosni faktor (mg/kg);

Fe – frekvencija ekspozicije (obrok/god.);

Te – trajanje ekspozicije (god.);

Tm – telesna masa (kg);

Sv – srednje vreme (dan).

Pri disperziji visokotoksičnih supstanci (upotrebom hemijskog oružja, razaranjem hemijskih postrojenja ili nakon hemijskog udesa) stvaraju se kapljice različitih oblika i veličina. Veće kapljice nošene vetrom padaju na zemlju i stvaraju kontaminirano zemljište, a ostali deo formira oblak para i aerosola koji se i dalje raznosi vetrom, stvarajući kontaminiranu atmosferu.

Postojani teško isparljivi ili visokoviskozni kontaminanti stvaraju malu količinu para ili aerosola, a njihovo isparavanje sa zemljišta je slabo i oni mogu ostati na zemljištu više dana.

U slučaju hemijskog udesa (napad klasičnim oružjem, razaranje hemijskog postrojenja, udes u transportnom sredstvu i u fabrici) može doći do isticanja tečnosti i slobodne turbulencije (hlor, amonijak, vinil-hlorid), sa efektima kontaminacije kao kod bojnih otrova. Pare – aerosoli koji se izdižu iznad KonZ-a ili iznad havarisanog objekta, postojaće sve dok bude isticala tečnost iz tanka (rezervoara) ili dok kontaminant bude isparavao sa zemljišta.

Meteorološki uslovi (smer, brzina i turbulencija vazduha), temperatura tla i vazduha, padavine (vrsta i količina), vlažnost vazduha, stabilnost vazduha, ispresecanost zemljišta, vegetacija i slično, faktori su koji uslovljavaju disperziju hemijskih kontaminanata.

Intenzitet turbulencije vazduha od velike je važnosti za aktivnost kontaminanta. Slab vetar i slaba turbulencija znače visoku dozu u obliku para i aerosola kontaminanta. Takvi vremenski uslovi povoljni su za postizanje efekata kontaminacije na većim udaljenostima, posebno noću.

Visoka atmosferska temperatura povećava isparavanje sa zemljišta i dovodi do brže samodekontaminacije, dok će kontaminacija para u dimnom stubu biti veća. Na zemlji pokrivenoj snegom, kontaminaciona jedinjenja nemaju većeg efekta, zbog brzine razlaganja, hidrolize i rastvaranja.

Oblak para i aerosola hemijskih kontaminanata, koji se širi preko guste vegetacije ili urbane sredine, mnogo brže se razređuje nego oblak koji se kreće preko ravnih ili vodenih površina. U određenim slučajevima ispresecano zemljište, vegetacija i naselje mogu lokalno imati suprotan efekat na povišenje para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja.

U šumama (deluju kao filter), depresijama i gradskim ulicama dejstvo prolazećeg toksičnog oblaka može biti i naknadno (zakasnelo), zbog činjenice da je izmena vazduha sa okolinom ograničena. Slično zakašnjenje događa se u šatorima, zgradama i vozilima. Uticaj reljefa i pošumljenosti zemljišta na domet oblaka toksičnih para i aerosola odražava se i na prostiranje početnog i naknadnog oblaka. Treba istaći da šuma predstavlja prepreku za širenje toksičnog oblaka. Iako manja količina para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja prodire u šumu, veći deo oblaka „preskače“ takvu prepreku i nastavlja svoj put pod uticajem vetra.

Temperaturna razlika ima znatan uticaj na daljinu raznošenja para i aerosola visokotoksičnih jedinjenja. Pri inverziji oblak para i aerosola ostaje pri zemlji, dok pri normalnoj temperaturnoj razlici tendencija para i aerosola jeste da se podiže uvis.

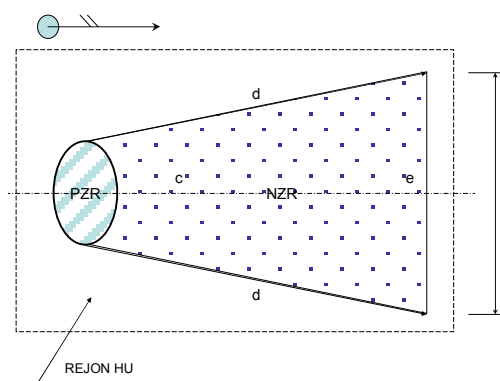
Rasprostriranje kontaminacije u vazduhu

U zoni hemijskog udesa, u zavisnosti od uslova nastanka i fizičko-hemijskih karakteristika toksičnih jedinjenja, primarni oblak kontaminacije nastaje oslobađanjem para i aerosola (usled eksplozije, požara, slobodne turbulencije ili isticanja tečnosti), nakon čega se (uticajem meteo faktora) rasprostire na određenu daljinu.

Hemijska kontaminacija ljudi, povrede i trovanja mogu biti hroničnog karaktera, a nastaju unošenjem toksičnih jedinjenja u organizam preko respiratornih organa, organa za varenje, kroz sluzokožu i preko kože.

Hemijski kontaminanti u atmosferi, zemljištu i objektima najčešće nisu pristupačni ljudskim čulima. Detekcija se može obavljati pomoću instrumenata i vizuelnim putem a mora biti pravovremena i kvalitetna.

Veoma je važno koliko ima vremena nakon udesa za otkrivanje i prikupljanje odgovarajućih podataka, kako bi se preduzele mere odgovarajuće zaštite i pristupilo uklanjanju posledica.



Sl. 2 – Načelna šema rasprostriranja hemijske kontaminacije:
 PZR – primarno zahvaćeni rejon;
 NZR – naknadno zahvaćeni rejon

Vreme otkrivanja opasnosti (T) može se izračunati uz pomoć jednačine:

$$T = D / (V_v \cdot 60) \quad (min) \quad (3)$$

gde je:

D – udaljenost od objekta udesa (km);
 V_v – brzina kontaminiranog oblaka koji stiže do određenog mesta (m/s).

U svakom slučaju, može se zaključiti da je vreme koje je raspoloživo za uzbuđivanje ljudstva veoma kratko, naročito ako se radi o visokotoksičnim jedinjenjima. Mere hemijske zaštite moraju se preduzeti u što kraćem roku, kao i sama evakuacija.

Proračun sigurnosnih odstojanja može se izvršiti na više načina, kao što su:

– poluempirijski prilaz pomoću izraza:

$$L = C^3 \sqrt{M} \quad (4)$$

gde je:

M – masa hemijske supstance (g);
 C – konstanta (zavisi od prirode toksične supstance);

L – poluprečnik opasnosti (km);
 – proračun na bazi Gausove raspodele;

– nomogrami rađeni na osnovu „Puff“ modela. Na osnovu poznavanja količine hemijske materije i merenih koncentracija vrlo lako se određuje rastojanje od mesta akcidenta;

– modeli za proračun sigurnosnih odstojanja pomoću računara, pri čemu je uključeno najviše parametara i zbog čega su rezultati najbliži realnima. Poznati je model OME (Ontario Ministry of Environment);

– matematički model za prognozu i procenu kontaminacije atmosfere;

– proračun sigurnosnih odstojanja pomoću modela Slade. U tom modelu koristi se adekvatan izraz za tri stanja atmosfere: neutralno (izotermija), nestabilno (konvekcija) i stabilno (inverzija). Stanje atmosfere određuje se na osnovu vrednosti koeficijenta e, prema sledećem:

$$e = \frac{Dt}{v^2} \quad (5)$$

gde je:

v – brzina vetra (m/s);
 Dt – temperaturni gradijent (razlika temperatura na visini od 50 i 200 cm od zemlje);
 e – stepen vertikalne stabilnosti vazduha u prizemnom sloju.

Ukoliko je vrednost e manja od –0,1 stanje atmosfere je stabilno, za vrednosti veće od 0,1 je nestabilno, dok je između te dve vrednosti neutralno.

Proračun sigurnosnih odstojanja h po Sladeu:

$$h = \frac{2 \cdot C_h \cdot B_h \cdot 1000}{M_h \cdot M_z \cdot v \cdot D} \quad (km) \quad (6)$$

gde je:

C_h – koncentracija (mg/m³);
 B_h – količina toksičnog gasa (dm³);
 M_h, M_z – difuzioni koeficijenti (za vazduh i zemljište);
 v – brzina vetra (m/s);
 D – toksična doza (mg/kg).

Trajanje opasnog dejstva primarnog i naknadnog oblaka izračunava se prema obrascu:

$$T = \left(\frac{L^2 + 8 \cdot K_o \cdot t}{v} \right) \cdot 0,5 \quad (7)$$

gde je:

v – brzina vetra (m/s);

T – vreme trajanja kontaminacije (h);

L – dužina oblaka (km);

K_o – koeficijent;

t – vreme proteklo od nastanka kontaminacije (h).

Iz jednačine (7) proističe da ako vreme proteklo od nastanka kontaminacije iznosi 24 h, i ako je stvoren toksični oblak dužine 1700 m, pri vetru brzine od 2 m/s, opasnost od primarnog oblaka trajaće 41,5 h.

Zaključak

Veliki rizici u proizvodnji, transportu, skladištenju i pri korišćenju opasnih i štetnih supstanci po život i zdravlje ljudi, životinja i biljaka mogu nastupiti pri hemijskim udesima. Zato je neophodno stalno preduzimanje preventivnih i obuhvatnih, naučno zasnovanih mera zaštite hemijskih postrojenja, a posebno onih sa namenskom proizvodnjom.

Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru zahteva kompleksne mere (monitoring, zaštita, uklanjanje posledica) i reagovanje, tj. odgovor na udes prema unapred pripremljenim planovima odbrane i zaštite. Dostignuti nivo osposobljenosti kadra, popunjenosti i opremljenosti sredstvima ABHO uspešno može razrešiti ove probleme.

Sistem treba da objedini delovanje svih postojećih snaga, sredstava i objekata,

u okviru sistema ABHO (PNHB obezbeđenje Vojske, Služba osmatranja i obaveštavanja, Civilna odbrana i zaštita). Značajno mesto i ulogu ovde imaju službe saobraćajne policije, vatrogasne službe, službe hitne pomoći i dr., kao i jedinice i ustanove roda ABHO, VMA, VTI, TOC, visokoškolske i naučne ustanove, zavodi za zaštitu zdravlja, laboratorije, preduzeća, itd. U sistem bi trebalo da uđu i specijalizovane ekipe preduzeća hemijske industrije.

Planske aktivnosti društva za zaštitu od hemijskih udesa u miru (predviđanje, organizacija, sprovođenje i kontrola mera zaštite životne sredine) realan su i jedini način za prevenciju, kontrolu, zaštitu i efikasno uklanjanje posledica.

Literatura:

- [1] Jakšić, S.; Biočanin, R.: Obezbeđenje od hemijskih udesa u miru, Novi glasnik 3–4/96, Beograd, 1996.
- [2] Burton, I.: What happened at Mississauga, Planning emergency response system for chemical accidents, Administrative Guidelines, World Health Organization, Regional office for Europe, Copenhagen, 1981.
- [3] Biočanin, R.; Veselinović, D.; Božović – Simić S.: Uklanjanje posledica hemijskih udesa u železničkom saobraćaju opasnih materija, Naučno-stručni skup III seminar železničke građevinske infrastrukture, Zlatibor, 2000.
- [4] Biočanin, R.: Procena rizika i mere zaštite od akcidenata, Bezbednost br. 5, RMUP Srbije, Beograd, 1991.
- [5] Biočanin, R.: Protection of the human environment in case chemical accident, II regional Symposium CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT, Kruševac 2003.
- [6] Jovanović, L.: Zaštita atmosferskog vazduha (iskustvo Ruske Federacije). XXX savetovanje sa međunarodnim učesćem ZAŠTITA VAZDUHA, Narodna biblioteka Srbije, Beograd 2002.
- [7] Uputstvo za obezbeđenje od N i H udesa u miru, GŠVJ, Beograd, 1988.
- [8] Biočanin, R.: Upravljanje hemijskim rizikom i osiguranje pri transportu opasnih materija, Preventivno inženjerstvo br. 1, PREVING A.D. Beograd, 2002.