

HEMIJSKI AKCIDENTI I PROCJENA I PROGNOZA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Branimir Vulević
Vojska Crne Gore
Anja Božović

Univerzitet Crne Gore, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica

Uticač čovjeka na životnu sredinu sve je izraženiji, a njene promjene evidentne su iz godine u godinu. Ekolozi naglašavaju da je stanje već postalo alarmantno i upozoravaju da dolazi do promjena čitavih područja, a da čovjekov uticaj na životnu sredinu dovodi do klimatskih promjena i narušavanja ekosistema, kako na lokalnom, tako i na globalnom nivou.

U ovom radu će biti objašnjen pojam hemijskog akcidenta uz moguće posljedice po čovjeka i životnu sredinu i pojam ekološkog rizika, kao i načini procjene i prognoze uticaja hemijskih akcidenta na životnu sredinu.

Ključne reči: *životna sredina, ekološki rizik, hemijski akcidenti, procjena uticaja, prognoza uticaja*

Uvod

Životna sredina i ekosistem su pod stalnim uticajem čovjeka. Ratovi, terorističke akcije, nuklearni i hemijski akcidenti, nesreće i nezgode u transportu opasnih materija vode ka oštećenju prirode i vraćaju se čovjeku kao bumerang.

Na svijetu je ostalo još pet zemalja koje nisu potpisale ni ratifikovale Konvenciju o zabrani hemijskog oružja,¹ što znači da je mogućnost da neka od zemalja upotrebi hemijsko oružje smanjena na minimum. Ali, ono što ostaje realna opasnost jeste hemijska industrija i industrija opasnih materija.

Upotreba hemikalija se dramatično povećala zbog ekonomskog razvoja u raznim sektorima, uključujući industriju, poljoprivredu i transport. Kao posledica toga dolazi do izlaganja velikom broju hemikalija. Hemikalije mogu imati neposredne, akutne, kao i hronične efekte. Svetska zdravstvena organizacija (WHO) navodi da oko 47 000 ljudi umre svake godine od posljedica takvog trovanja.² Nekontrrolisan ispus tksičnih hemikalija u životnu sredinu ima veoma negativan uticaj na biljni i životinjski svijet,³ pa bi upotrebu tksičnih materija bilo potrebno svesti na najmanju moguću mjeru.⁴

¹ Organisation for the prohibition of chemical weapons- OPCW, *Convention on the prohibition of the development, production, stockpiling and use of chemical weapons and on their destruction*. Hague. 2005. https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_en.pdf

² WHO: <http://www.who.int/ceh/risks/cehchemicals/en/>

³ World Commission on Environment and Development (WCED): *Our common future*, Oxford, Oxford University, 1987.

⁴ UNDP: *Environmental Mainstreaming strategy, A strategy for enhanced environmental soundness and sustainability in UNDP policies, programmes, and operational processes*, 2004.

Opasne materije su prisutne u našoj okolini. Većina njih je poznata od davnina, ali se, ipak, iznova pronalaze nove ili usavršavaju postojeće. Uglavnom se svrstavaju u robu (dobra) dvostruke namjene. To znači da je njihova upotreba veoma rasprostranjena, a da se, pored upotrebe u industriji, mogu koristiti i u ratne svrhe ili u terorističkim akcijama. Uz ograničene resurse i ekosistem bilo kakav dodir opasnih materija sa životnom sredinom vodi ka degradaciji životne sredine.

Uspješna zaštita životne sredine zavisi od uspješne procjene već postojećih, ali i potencijalnih rizika i prijetnji. Prema izvještaju Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD),⁵ ljudski faktor je glavni element za prevenciju rizika.

Sve ljudske aktivnosti u manjoj ili većoj mjeri negativno utiču na životnu sredinu. Među njima se po jačini stepena degradacije životne sredine naročito izdvajaju: energetika (uključujući nuklearnu energiju), industrija, saobraćaj, poljoprivreda, urbani razvoj, turizam i rekreacija, šumarstvo, ribolov i akvakultura. Ove djelatnosti stvaraju pritiske koji mogu biti stresni po životnu sredinu (zagađujuće materije, otpad, radijacija, hemikalije...)⁶ Nuklearno hemijsko-biološki (NHB) udesi, elementarne nepogode, epidemije, ratovi i NHB terorizam takođe predstavljaju opasnost po životnu sredinu.

U slučaju potrebe Vojska može biti glavni nosilac mjera odgovora na akcident. Vojna organizacija u okviru svojih misija definiše i misiju pomoći civilnim institucijama u zemlji prilikom prirodnih i vještački izazvanih katastrofa i u drugim kriznim situacijama, uključujući krize izazvane terorističkim aktivnostima. A znanje, iskustva i disciplina vojnih lidera svakako bi bili od izuzetnog značaja u takvim situacijama. Ukoliko, ipak, ne učestvuju u rešavanju takvih problema, od izuzetne koristi mogu biti procedure kakve se koriste u vojnim organizacijama.

Hemijski akcidenti i posljedice

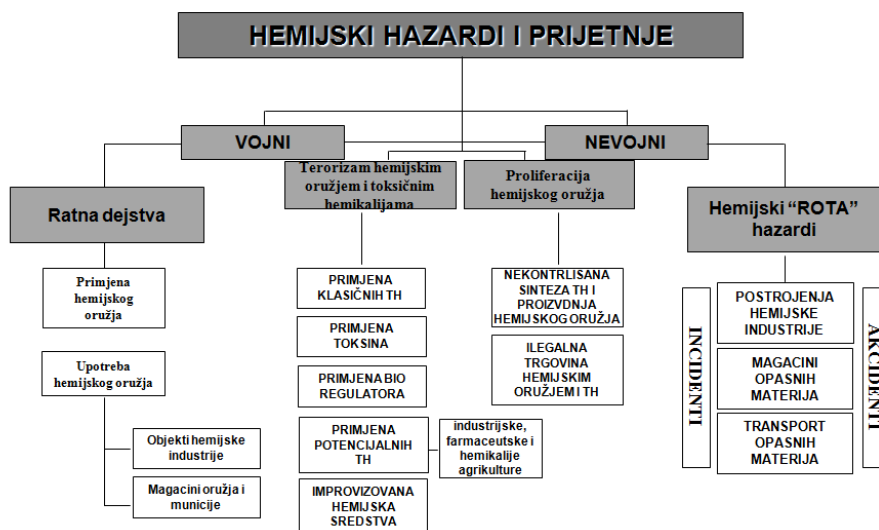
Hemijski hazard je mogućnost ugrožavanja života i zdravlja ljudi i životinja i zagađivanja i narušavanja poretka životne sredine. Izražava se vjerovatnoćom, intenzitetom i trajanjem. Predstavlja sve one opasnosti koje imaju za posljedicu hemijsku kontaminaciju.

Iz prethodne šeme jasno se vidi podjela hemijskih hazarda, a u ovom radu biće predstavljena procjena i prognoza opasnosti po životnu sredinu koje su izazvane hemijskim „ROTA” hazardima. „ROTA” (eng. akronim od: „*Release other than attack*”) događaji označavaju sve one događaje koji se ne dešavaju u ratnim dejstvima već u mirnodopskoj situaciji,⁷ odnosno predstavljaju sve one hazarde koji su izazvani aktivnostima koje nisu bile dio napadnih dejstava. U okviru „ROTA” hazarda potrebno je razlikovati hemijske akcidente i incidente. Hemijski akcidenti predstavljaju iznenadna i nekontrolisana emitovanja većih količina toksičnih hemikalija u životnu sredinu, a hemijski incident može biti bilo koja situacija koja će izazvati manje razmjere kontaminacije i lakše povrede ili oboljenja kod ljudi i životinja, ali bez smrtnog ishoda. Termin akcident preuzet je iz engleskog jezika i često je sinonim za termine nezgoda ili udes.

⁵ OECD-CCA Workshop on Human Factor in Chemical Accidents and Incidents, Potsdam, Germany, 2007.

⁶ Petrović, N., *Ekološki menadžment*, FON, Beograd, 2012. str. 32.

⁷ Ibid.

Slika 1 – Shematski prikaz hemijskih hazarda i prijetnji⁸

Širok je dijapazon uzroka hemijskih akcidenata, a najčešće se izdvajaju požari, eksplozije, sabotaze, saobraćajne nezgode u toku transporta opasnih materija ili greške u skladištenju. Posljedice hemijskih akcidenata su zagađenje životne sredine, povrede i trovanje živog svijeta, a nerijetko i smrtni ishod.

Ali, nije najbitnije odmah stepenovati jačinu hemijskog udesa. Bitnije je pravovremeno i pravilno reagovati kako bi se smanjile posljedice po ekosistem. U prvim momentima nakon udesa težina se obično određuje otprilike, aproksimativno, bez potpuno tačnih podataka. A stepeni – nivoi hemijskih udesa određuju se u odnosu na posljedice.

Neke od najizraženijih karakteristika akcidenata su:

- individualnost: svaki akcident na svoj način predstavlja specifičnu situaciju koja se razlikuje od bilo koje druge, koja naizgled može biti ista ili slična već postojećoj;
- nepredvidivost: uz sve moguće mjere prevencije i predostrožnosti, uz poštovanje propisanih mjera bezbjednosti, uvijek je moguće da će doći do havarije. Razlozi mogu biti razni, a nepredvidivost je upravo jedna od osobina koja akcidentima daje još veću težinu. Faktor iznenađenja uvijek je otežavajuća okolnost;
- hitnost: akcident i najmanjih razmjera može predstavljati izuzetno veliku opasnost. Ali, što se brže reaguje, to će kontaminirana zona, a samim tim i posljedice po živi svijet i životnu sredinu biti manje;
- posljedice: čak i kada bi se reagovalo samo nekoliko sekundi po udesu i dalje ne bi bilo dovoljno brzo da se spriječe sve posljedice. Nepobitna je činjenica da akcidenti za sobom ostavljaju havariju. Iako je teorijski moguće da ne bude ljudskih žrtava, kao ni oboljelih i povrijeđenih, i dalje ostaje realnost da će otklanjanje posljedica biti izuzetno skupo i iziskivati dosta vremena.

⁸ Prilagođeno na osnovu: NATO standardization agency, *Reporting nuclear detonations, biological and chemical attacks, and predicting and warning of associated hazards and hazard areas (operators manual) ATP-45 (C)*, 2005.

Posljedice hemijske kontaminacije pri akcidentima mogu se svrstati u dvije grupe.⁹ Prvu grupu čine akutne posljedice koje prouzrokuju smrt ili teška oboljenja ili povređivanja ljudi, isticanje hemijskih supstanci u okolinu, uz moguće hemijske reakcije koje stvaraju zone visokog rizika. Drugu grupu čine one koje izaziva prisustvo zagađujućih supstanci na površini zemljišta, odakle ponovo prodiru u dublje slojeve zemlje, uz mogućnost kontaminacije i podzemnih voda (što predstavlja direktnu opasnost za izvorišta vode za piće). Atmosferske padavine ih prenose i do površinskih voda, koje, ukoliko su tekuće, odnose kontaminaciju još dalje, kontaminirajući velike vodene basene. One koje su lako isparljive kontaminiraju i okolni vazduh, koji kontaminaciju raznosi još dalje. U suštini, prva grupa predstavlja posljedice koje izazivaju primarnu kontaminaciju, a druga grupa su one koje izazivaju naknadnu kontaminaciju.

Oprez predstavlja osnovnu mjeru i najbitniji zadatak u rukovanju opasnim materijama, uz obavezno poštovanje mjera bezbjednosti.

Za efikasan odgovor na akcident neophodno je posjedovati što više informacija o događaju, formirati timove za izviđanje i izvještavanje, kontrolu i sanaciju/dekontaminaciju. Ali, prije toga potrebno je preduzeti preventivne mjere i uraditi kvalitetnu procjenu rizika po životnu sredinu. Postoji više definicija upravljanja i procjene ekološkog rizika u životnoj sredini.

Američka agencija za zaštitu životne sredine (EPA)¹⁰ procjenu ekološkog rizika definiše kao proces koji procjenjuje vjerovatnoću da se negativni ekološki efekti mogu javiti ili se dešavaju kao rezultat djelovanja jednog ili više stresora. Taj proces se koristi za sistematsku procjenu i organizovanje podataka, informacija, pretpostavki i nesigurnosti, kako bi se pomoglo da se razumiju i predvide odnosi između stresora i ekoloških efekata na način koji je koristan za donošenje odluka o životnoj sredini. Procjena može da podrazumijeva hemijske, fizičke ili biološke stresore i može se razmatrati jedan ili više stresora.

Pod upravljenjem rizikom podrazumijevaju se aktivnosti koje obuhvataju donošenje odluka o sprovođenju akcija radi zaštite životne sredine, a koje se prvenstveno zasnivaju na rezultatima procjene rizika i na ostvarivanju određenih ciljeva. Procjenu rizika čini kompleksna procedura koja neposredno i na egzaktan način opisuje svu težinu problema zagađenja životne sredine i nastale posljedice koje pogađaju čovjeka i prirodu.¹¹ Upravljanje rizikom je složena i specifična aktivnost koja zahtijeva multidisciplinarni pristup i predstavlja kompleksan skup mjera, postupaka i aktivnosti koje imaju za cilj smanjenje vjerovatnoće nastanka rizika i mogućih posljedica.¹² Upravljanje rizikom u životnoj sredini može se definisati kao optimalni izbor preventivnog djelovanja koje daje minimalni rizik.¹³ A radi sprečavanja hemijskog udesa i adekvatnog odgovora na udes potrebno je uraditi odgovarajuću studiju koja će uključiti analizu rizika, uz preduzimanje odgovarajućih mjera kako bi se efekti rizika minimizirali.¹⁴

⁹ Biočanin, R., *Hemijski udesi i procjena rizika*, Vojnotehnički glasnik 5/2004, Beograd, str. 534.

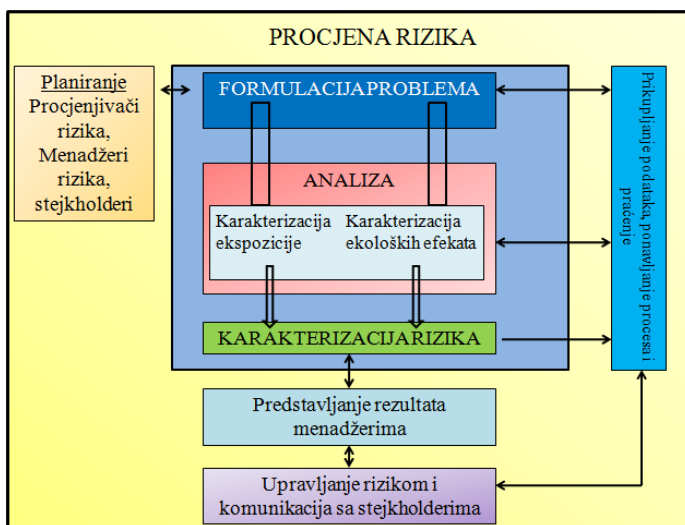
¹⁰ U.S. Environmental Protection Agency. (1992a) *Framework for ecological risk assessment*. Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency. EPA/630/R-92/001.

¹¹ Gržetić, I., *Upravljanje rizikom i njegova procjena*, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001.

¹² Bakrač, S., *Korišćenje geotopografskih materijala u zaštiti životne sredine*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 3, pp. 177–185, Beograd, 2011.

¹³ Čvorović, Z., *Upravljanje rizicima u životnoj sredini*, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2005.

¹⁴ Indić, D., *Mjesto jedinica ABH službe u obezbeđenju od hemijskih udesa*, Vojno delo, proleće 2012. Beograd.



Slika 2 – Prikaz prosječne procjene rizika¹⁵

U Crnoj Gori (CG) na nivou Ministarstva unutrašnjih poslova postoji Direktorat za vanredne situacije, koji bi u slučaju hemijskog akcidenta preuzeo ulogu koordinacionog tijela za procjenu, prognozu i sanaciju akcidenata. Pored Direktorata za vanredne situacije postoji još i Centar za ekotoksikološka ispitivanja. Ali, treba naglasiti da u Vojski Crne Gore postoji jedinica za odbranu od hemijskog, biološkog, radiološkog i nuklearnog oružja, koja je u potpunosti opremljena savremenim sredstvima i obučena za aktivnosti koje obuhvataju osmatranje, izviđanje, javljanje i obavješavanje, uzimanje uzoraka i laboratorijsku analizu na taktičkom nivou, obilježavanje kontaminirane zone i dekontaminaciju kontaminirane zone. Kako je ranije navedeno, jedna od misija Vojske jeste pomoć civilnim institucijama u zemlji prilikom prirodnih i vještački izazvanih katastrofa i u drugim kriznim situacijama, uključujući krize izazvane terorističkim aktivnostima. Vjerovatno bi jedinica nuklearno-biološko-hemijske odbrane Vojske Crne Gore bila ključni faktor u procjeni i prognozi uticaja hemijskog akcidenta na životnu sredinu, ukoliko bi na teritoriji CG došlo do hemijskog akcidenta.

Procjena uticaja hemijskog akcidenta na životnu sredinu realizuje se prije nego se hemijski akcident desi, a prognoza nakon toga. Za kvalitetnu prognozu neophodno je prethodno realizovati sveobuhvatnu i kvalitetnu procjenu koja treba da obuhvati:

- procjenu izvora hemijskog hazarda,
- procjenu ugroženosti ljudstva i objekata,
- procjenu teritorije,
- procjenu meteoroloških i klimatskih uslova.

¹⁵ Prilagodeno po U.S. EPA, *Guidelines for ecological risk assessment*. EPA/630/R-95/002Fa. Washington, DC, 1998. i U.S. EPA: *Framework for ecological risk assessment*. EPA/630/R92/001. Office of Water, Washington, DC, 1992a.

U svijetu se oko 40% od ukupnog broja udesa dogodi u proizvodnim pogonima, oko 35% pri transportu, a oko 25% na udese pri skladištenju.¹⁶ U Crnoj Gori, a i generalno na Balkanu, pretpostavka je da bi odnos bio drugačiji. Na osnovu zaključaka sa seminara o borbi protiv terorizma i odbrani od oružja za masovno uništenje,¹⁷ područje Balkana nalazi se na raskrsnici bitnih puteva, te najveću opasnost po bezbjednost predstavlja transport opasnih materija.

Radi kvalitetne procjene situacije potrebno je imati informacije o opasnoj materiji koja je prevožena. Prema propisima Evropskog sporazuma o međunarodnom transportu opasnih materija u drumskom saobraćaju¹⁸ na svakom vozilu koje prevozi opasne materije u drumskom saobraćaju mora postojati oznaka, i sa prednje i sa zadnje strane vozila, i to tako da u gornjoj polovini table bude upisana brojčana oznaka opasnosti, a u donjoj brojčana oznaka opasne materije.



Slika 3 – Narandžasta tabla¹⁹

Prva cifra označava glavnu opasnost prema sledećem:²⁰

- 0 – bez značaja,
- 1 – eksplozivno,
- 2 – izdvajanje gasa usljed pritiska ili hemijske reakcije,
- 3 – zapaljive tečnosti (pare),
- 4 – zapaljive čvrste materije,
- 5 – oksidaciona svojstva,
- 6 – toksičnost ili rizik od infekcije,
- 7 – radioaktivnost,
- 8 – korozivnost,
- 9 – opasnost od energične reakcije usljed razlaganja ili polimerizacije.

Druga i treća cifra označavaju dodatnu opasnost. Dupliranje prve cifre označava da je glavna opasnost dodatno izražena. U primeru sa narandžaste table sa slike to bi značilo da je opasnost od zapaljivosti veoma izražena, odnosno da se prevoze veoma zapaljive tečnosti, a iz donjeg dijela table se na osnovu brojčane oznake opasne materije može zaključiti o kojoj se materiji konkretno radi. Kada je opasnost moguće predstaviti samo jednom cifrom, prvu cifru sledi cifra 0. Ukoliko ispred brojčane oznake opasnosti stoji

¹⁶ Inđić, D., *Mjesto Jedinica ABH službe u obezbeđenju od hemijskih udesa*, Vojno delo, proleće 2012. Beograd.

¹⁷ Autora je prisustvovao seminaru u Maršal centru u Garmišpartenkirhenu u Nemačkoj 2013. godine.

¹⁸ European agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road - ADR, UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2014.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

znak „X” materija ne smije doći u kontakt sa vodom. Bročana oznaka opasne materije uvijek sadrži četiri cifre i nalazi se na listi Ujedinjenih nacija – opasnih materija koje se najčešće prevoze. Takođe, lista sa opisom materija nalazi se i u priručniku ERG.²¹

U zoni akcidenta, odmah po izlivanju opasne materije, nastaje primarni oblak kontaminacije, i to njenim isparavanjem. Primarna kontaminacija javlja se u obliku para, gasova ili aerosola. Za procjenu i prognozu najbitnije je poznavati tip i vrstu opasne materije i lokalne meteorološke uslove, ali i konfiguraciju terena i prekrivenost vegetacijom (gdje naročitu pažnju treba obratiti na pošumljenost, jer se kontaminacija zadržava duže u šumi, koja predstavlja i jednu vrstu prirodnog filtera). Lokalni meteorološki uslovi diktiraju površinu kontaminirane zone i znatno utiču na dalje prostiranje kontaminacije. Uz upotrebu „pametnih” telefona može doći do osnovnih meteoroloških podataka, ali pored njih moramo imati i dodatne. Jedinica NBHO treba da bude opremljena savremenom meteorološkom stanicom kojom može prikupljati sve meteorološke podatke u realnom vremenu na licu mjesta. To olakšava dalji rad u određivanju primarnog i naknadno zahvaćenog rejona kontaminacije.

U nedostatku meteorološke stanice, podatke o vremenu moguće je dobiti iz Hidrometeorološkog zavoda.

Meteorološki uslovi koje obavezno treba uzeti u obzir su:

- pravac, smjer i brzina duvanja vjetra,
- temperatura vazduha (na visini od 50 cm i 200 cm iznad tla) i zemljišta,
- relativna vlažnost vazduha.

Pravac, smjer i brzina duvanja vjetra su među najbitnijim faktorima od kojih zavisi prostiranje kontaminacije. Kontaminacija će se prostirati niz vjetar u zavisnosti od njegove brzine i konfiguracije terena. Korišćenjem kombinacije podataka o temperaturi i fizičkim osobinama opasne materije možemo predvidjeti njeno stanje. Od temperature vazduha i tla zavisice i postojanost opasnih materija koja je obrnuto proporcionalna isparljivosti. A kako isparljivost zavisi i od temperature, isparljivost opasnih materija će biti manja na nižim temperaturama, a samim tim postojanost veća, a na višim temperaturama isparljivost će biti veća a postojanost manja. Temperaturu je potrebno mjeriti na visini od 50 cm i 200 cm iznad tla kako bi došli do podataka o stanju atmosfere. Naime, postoje tri stanja stabilnosti atmosfere: stabilno (inverzija), nestabilno (konvekcija) i neutralno (izotermija). Stanja atmosfere moguće je odrediti na više načina. U ovom radu biće prikazan način izračunavanja preko sledeće formule:

$$e = \frac{Dt}{v^2} \quad |^{22}$$

gdje je:

e – stepen vertikalne stabilnosti vazduha u prizemnom sloju,

Dt – temperaturni gradijent – razlika temperatura na visini od 50 cm i 200 cm od tla,

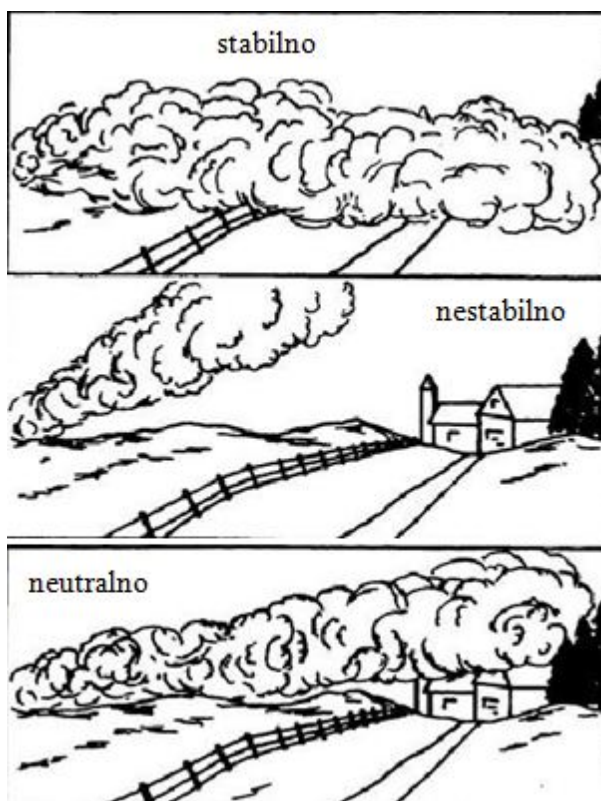
v – brzina vjetra izražena u metrima u sekundi.

²¹ ERG (Emergency Response Guidebook) a guidebook for first responders during initial phase of a dangerous goods/hazardous materials transportation incident. 2012.

²² Biočanin, R.: *Protection of the human environment in case chemical accident*, II regional Symposium CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT, Kruševac 2003.

Ukoliko je vrijednost e manja od $-0,1$ stanje atmosfere je stabilno, za vrijednosti veće od $0,1$ je nestabilno, dok je između te dve vrijednosti neutralno.

Kod stabilnog stanja atmosfere isparenja kontaminacije teže da ostanu nisko i da se šire polako, kod nestabilnog stanja atmosfere dižu se i rasipaju brže, a kod neutralnog stanja atmosfere su umjereno stabilna, povoljna ili umjereno nestabilna.



Slika 4 – Uticaj temperaturnog gradijenta na dim²³

Prognoza dejstva hemijskog akcidenta na životnu sredinu obuhvata:

- mjesto (centar) hemijskog akcidenta – koordinate centra,
- vrijeme udesa,
- način ispusta toksične hemikalije (TH) u životnu sredinu,
- postojanost TH – vrijeme za koje određene supstance mogu ostati u zoni bez gubitka svoje aktivnosti,
- veličinu, oblik i dimenzije kontaminirane zone,
- veličinu naknadno obuhvaćene kontaminirane zone.

²³ Prilagođeno po: <http://armychemicaloperations.tpub.com/cm32049/Figure-10-Effects-Of-Temperature-Gradients-On-Smoke-18.htm>

Sigurnosno odstojanje može se odrediti na više načina. Jedan od načina je prosto unošenje podataka u neki od specijalizovanih softvera za ovakve situacije. Softvera ima raznih – od besplatnih, pa do onih namijenjenih za vojsku i specijalizovane ustanove, koji mogu biti izuzetno skupi.

Takođe, sigurnosno odstojanje može se izračunati preko formule:

$$L = C^3 \sqrt{M} \quad |^{24}$$

gdje je:

L – poluprečnik opasnosti,

M – masa hemijske supstance (g),

C – konstanta (zavisi od prirode toksične supstance),

Formula za proračun sigurnosnih odstojanja po Sladeu:

$$h = \frac{2 \cdot C_h \cdot B_h \cdot 100_0}{(M_h \cdot M_z \cdot v \cdot D)(km)} \quad |^{25}$$

gdje je:

h – sigurnosno odstojanje (km),

C_h – koncentracija (mg/m^3),

B_h – količina toksičnog gasa (dm^3),

M_h, M_z – difuzioni koeficijenti (za vazduh i zemljište),

v – brzina vjetra (m/s),

D – toksična doza (mg/kg).

Ipak, distanca izolacije, odnosno sigurnosno odstojanje, najlakše se određuje pomoću priručnika ERG. Primarni zahvaćeni rejon kontaminacije obuhvata prostor neposredno oko objekta koji predstavlja izvor kontaminacije, a naknadno zahvaćeni rejon prostor zahvaćen disperzijom kontaminacije. Primarno zahvaćeni rejon kontaminacije na karti se predstavlja krugom određenog prečnika sa centrom u mjestu ispuštanja opasne materije. Na osnovu podataka o opasnoj materiji (šifre u donjem dijelu narandžastog kvadrata) iz ERG-a možemo naći poluprečnik kruga primarno zahvaćenog rejona kontaminacije i distance izolacije, koje su u ERG-u definisane na osnovu iskustava i istorijskih podataka iz prethodnih incidenata i akcidenata i na osnovu upotrebe statističkih modela. Ukoliko šifra opasne materije ili ERG nisu dostupni, za poluprečnik kruga primarno zahvaćenog rejona kontaminacije uzima se 915 m, a za naknadno obuhvaćen rejon kontaminacije distanca od 11 km. Ukoliko je količina materije veća od 1500 kg, distanca izolacije se duplira. Centar distance izolacije je u istom mjestu kao i centar primarno zahvaćenog rejona kontaminacije. Brzina vjetra uslovljava površinu distance izolacije.

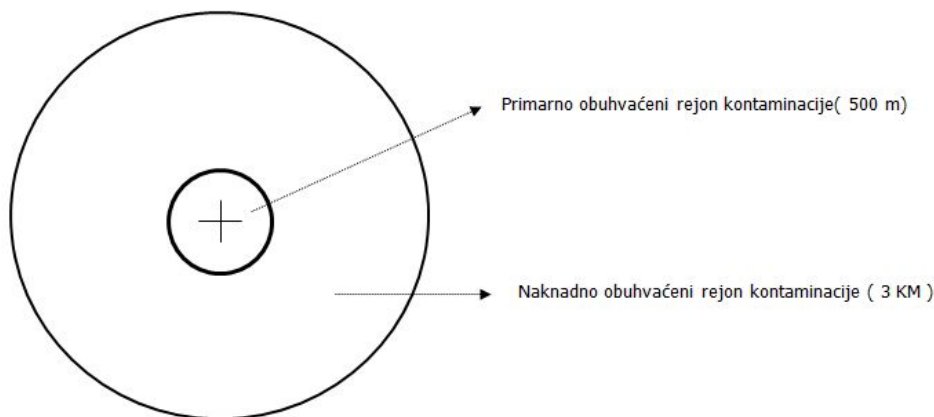
²⁴ Biočanin, R.: *Procjena rizika i mere zaštite od akcidenata*, Bezbednost br. 5, RMUP Srbije, Beograd, 1991.

²⁵ Jovanović, L.: *Zaštita atmosferskog vazduha (iskustvo Ruske Federacije)*. XXX savetovanje sa međunarodnim učešćem ZAŠTITA VAZDUHA, Narodna biblioteka Srbije, Beograd, 2002.

Tabela 1 – Primarni i naknadno obuhvaćeni rejon kontaminacije²⁶

ID br.	Materija	Mala izlivanja			Velika izlivanja		
		Prvo izolovati u svim smjerovima	Zatim zaštititi ljudstvo u području od:		Prvo izolovati u svim smjerovima	Zatim zaštititi ljudstvo u području od:	
			danju	noću		danju	noću
1005	Amonijak	30 m	0,1 km	0,2 km	150 m	0,8 km	2 km
1017	Hlor	60 m	0,4 km	1,5 km	500 m	3 km	7,9 km
1071	Naftni gas	60 m	0,2 km	0,2 km	100 m	0,4 km	0,5 km
1079	Sumpor-dioksid	100 m	0,7 km	2,8 km	1.000 m	5,6 km	11+ km
1695	Hloracetofenon	30 m	0,1 km	0,2 km	60 m	0,4 km	0,8 km
2810	Suzavac (CS)	30 m	0,1 km	0,6 km	100 m	0,4 km	1,9 km
2810	Iperit	30 m	0,1 km	0,1 km	60 m	0,3 km	0,4 km
2810	Sarin	60 m	0,4 km	1,1 km	400 m	2,1 km	4,9 km

Ukoliko je brzina vjetrova manja od 10 km/h distanca izolacije (naknadno obuhvaćen rejon kontaminacije) takođe će imati oblik kruga. Na karti se ucrtava na sledeći način: nacrtava se krug poluprečnika koji je definisan u ERG-u za tu opasnu materiju, koji predstavlja primarno zahvaćeni rejon kontaminacije, a zatim iz istog centra još jedan krug sa poluprečnikom koji je definisan u ERG-u za tu opasnu materiju, a koji predstavlja naknadno zahvaćeni rejon kontaminacije.

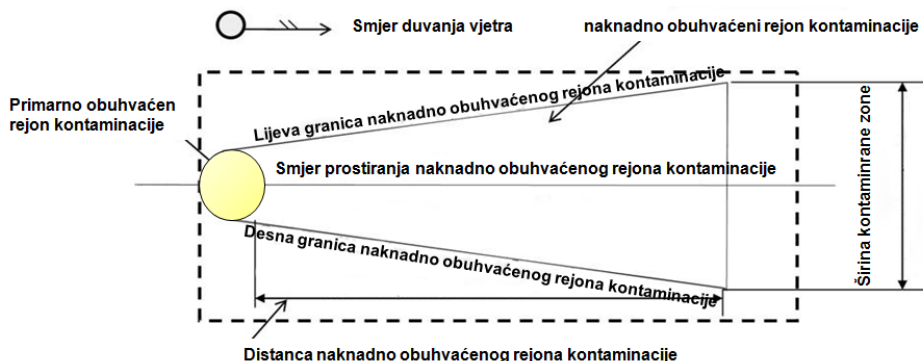


Slika 5 – Primarno i naknadno zahvaćeni rejon kontaminacije ako je brzina vjetrova, $\leq \frac{10 \text{ km}}{h}$ na primjeru izlivanja velike količine hlora²⁷

²⁶ Prilagođeno na osnovu ERG (Emergency Response Guidebook) a guidebook for first responders during initial phase of a dangerous goods/hazardous materials transportation incident. 2012.

²⁷ Prilagođeno prema: NATO standardization agency, *Reporting nuclear detonations, biological and chemical attacks, and predicting and warning of associated hazards and hazard areas (operators manual)* ATP-45 (C), 2005.

Ako je brzina vjetra veća od 10 km/h povlači se linija iz centra, a u pravcu i smjeru duvanja vjetra i to one dužine koju možemo naći u priručniku. Prilikom crtanja na karti treba voditi računa o njenoj razmjeri. Ta dužina predstavlja daljinu naknadno zahvaćenog rejon kontaminacije, odnosno daljinu do koje će vjetar odnijeti kontaminaciju. Na kraju linije povlači se linija koja sa ovom zaklapa ugao od 90 stepeni, a linija pravca vjetra iz centra kruga produžava se u smjeru suprotnom od smjera duvanja vjetra za dvije dužine poluprečnika kruga. Iz te tačke povlače se dvije tangente kruga do linije koja je normalna sa linijom koja označava distancu niz vjetar.



Slika 6 – Primarno i naknadno obuhvaćen rejon kontaminacije ako je brzina vjetra $> \frac{10 \text{ km}}{h}$ |²⁸

Inicijalna kontaminirana zona je važeća sve do onog momenta dok ne dođe do bitne promjene meteoroloških parametara. Kada dođe do bitnije promjene vremenskih uslova potrebno je uraditi rekalkulaciju.

Trajanje opasnog dejstva primarnog i naknadnog oblaka izračunava se po sledećoj formuli:

$$T = \left(\frac{L^2 + 8 \cdot K_0 \cdot t}{v} \right) \cdot 0.5 \quad |^{29}$$

gdje je:

T – vrijeme trajanja kontaminacije (h),

L – dužina oblaka (km),

K_0 – koeficijent,

t – vrijeme proteklo od nastanka kontaminacije (h),

v – brzina vjetra (m/s).

²⁸ Ibid.

²⁹ Uputstvo za obezbeđenje od N i H udara u miru, GŠVJ, Beograd, 1988.

A najranije i najkasnije vrijeme dolaska kontaminiranog oblaka do određene tačke izračunava se na sledeći način:³⁰

Brzina prednje ivice oblaka = brzina vjetra x 1,5

Najranije vrijeme dolaska = $\frac{\text{daljina do određene tačke}}{\text{brzina prednje ivice oblaka}}$

Brzina zadnje ivice oblaka = brzina vjetra x 0,5

Najkasnije vrijeme dolaska = $\frac{\text{daljina do određene tačke}}{\text{brzina zadnje ivice oblaka}}$

Prognozu uticaja na životnu sredinu potrebno je izvršiti neposredno po dešavanju hemijskog akcidenta kako bi se što prije mogla označiti kontaminirana zona, a potom i realizovala kvalitetna dekontaminacija.

Zaključak

Pretpostavka je da najviše hemijskih udesa nastaje uslijed ljudskog faktora, bez namjere ili sa namjerom (razne vrste diverzija, teroristički napadi...). Odnosno, ako već nisu nastali ljudskom greškom, mogli su biti spriječeni da su se određene mjere preduzele na vrijeme. Dakle, bitno je preduzimati sve potrebne mjere bezbjednosti prilikom rada sa opasnim materijama. Ekspanzija hemijske industrije i njeni proizvodi su sastavni dio savremenog života, ali ujedno i vjerovatno najveći zagađivač životne sredine. Najčvršći dokaz da tehnološki procesi nisu baš potpuno sigurni i sa najsavremenijim tehnologijama i da se problemu hemijskih akcidenata mora pristupiti sa maksimalnom ozbiljnošću su i hemijski akcidenti koji su se dešavali u svijetu, a koji su, pored ugrožavanja životne sredine, odnosili i veliki broj ljudskih života. Stoga je neophodna bolja i temeljnija kontrola hemijske industrije, ne samo proizvodnje već i transporta i odlaganja hemikalija.

U ovom radu je objašnjen pojam hemijskog akcidenta i navedene su neke njegove osnovne karakteristike, kao i posljedice po životnu sredinu usled hemijskih akcidenata. Zbog sprečavanja udesa potrebno je izraditi kvalitetnu procjenu rizika i procjenu uticaja na životnu sredinu. Ukoliko se hemijski akcident ipak desi, potrebno je imati procjenu uticaja radi kvalitetne prognoze uticaja hemijskog akcidenta na životnu sredinu. Stoga su u radu prikazani načini procjene i prognoze koji se mogu koristiti u vojnoj organizaciji.

Djelovanje hemijskih akcidenata na životnu sredinu karakteriše se brojnim uticajima. Uglavnom negativnim. Jedino pozitivno što hemijski akcidenti nose sobom su naučene lekcije i pouke za buduće generacije. Udesi izazvani opasnim materijama predstavljaju konstantnu opasnost po ekosistem i čovjeka, kao neodvojivi dio životne sredine.

³⁰ NATO standardization agency, *Reporting nuclear detonations, biological and chemical attacks, and predicting and warning of associated hazards and hazard areas (operators manual) ATP-45 (C)*, 2005.

U slučaju hemijskog akcidenta spektar opasnih materija koje se tim putem oslobode je izuzetno širok, te je sprečavanje kontaminacije vazduha praktično nemoguće. Ali, kroz saradnju komandi, jedinica i ustanova moguće je izraditi kvalitetnu procjenu situacije i prognozu uticaja na životnu sredinu, te minimizirati posljedice. Naglašena je uloga vojne organizacije i u nevojnim izazovima, kojih je sve više, uz adekvatnu saradnju sa organizacijama kao što su Sektor za vanredne situacije i Centar za ekotoksikološka ispitivanja.

Globalni ekosistem Zemlje ne treba štiti od čovjeka, nego za čovjeka.³¹ Obezbeđene sistema menadžmenta zaštitom životne sredine po zahtjevima serije standarda ISO 14000 postaje permanenta obaveza svim organizacijama.

Literatura

[1] Bakrač, S., *Korišćenje geotopografskih materijala u zaštiti životne sredine*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 3, Beograd, 2011.

[2] Biočanin, R., *Hemijski udesi i procjena rizika*, Vojnotehnički glasnik 5/2004. Beograd.

[3] Biočanin, R.: *Procjena rizika i mere zaštite od akcidenata*, Bezbednost br. 5, RMUP Srbije, Beograd, 1991.

[4] Biočanin, R.: *Protection of the human environment in case chemical accident*, II regional Symposium CHEMISTRY AND THE ENVIRONMENT, Kruševac 2003.

[5] Čvorović, Z., *Upravljanje rizicima u životnoj sredini*, Zadužbina Andrejević, Beograd, 2005.

[6] ERG – Emergency Response Guidebook- a guidebook for first responders during initial phase of a dangerous goods/hazardous materials transportation incident. 2012.

[7] European agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road – ADR, UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2014.

[8] Gržetić, I., *Upravljanje rizikom i njegova procjena*, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2001.

[9] Indić, D., *Mjesto jedinica ABH službe u obezbeđenju od hemijskih udesa*, Vojno delo, proleće 2012, Beograd.

[10] Jovanović, L.: *Zaštita atmosferskog vazduha (iskustvo Ruske Federacije)*. XXX savetovanje sa međunarodnim učešćem ZAŠTITA VAZDUHA, Narodna biblioteka Srbije, Beograd, 2002.

[11] NATO standardization agency, *Reporting nuclear detonations, biological and chemical attacks, and predicting and warning of associated hazards and hazard areas (operators manual) ATP-45 (C)*, 2005.

[12] OECD-CCA Workshop on Human Factor in Chemical Accidents and Incidents, Potsdam, Germany, 2007.

[13] Organisation for the prohibition of chemical weapons- OPCW, *Convention on the prohibition of the development, production, stockpiling and use of chemical weapons and on their destruction*. Hague. 2005.

[14] Petrović, N., *Ekološki menadžment*, FON, Beograd, 2012.

[15] U.S. Environmental Protection Agency. (1992a) *Framework for ecological risk assessment*. Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency. EPA/630/R-92/001.

³¹ Petrović, N., *Ekološki menadžment*, FON, Beograd, 2012, str. XI.

[16] U.S. EPA, *Guidelines for ecological risk assessment*. EPA/630/R-95/002Fa. Washington, DC, 1998.

[17] U.S. EPA: *Framework for ecological risk assessment*. EPA/630/R92/001. Office of Water, Washington, DC, 1992a.

[18] UNDP: *Environmental Mainstreaming strategy, A strategy for enhanced environmental soundness and sustainability in UNDP policies, programmes, and operational processes*, 2004.

[19] Uputstvo za obezbeđenje od N i H udesa u miru, GŠVJ, Beograd, 1988.

[20] World Commission on Environment and Development (WCED): *Our common future*, Oxford, Oxford University, 1987.

[21] https://www.opcw.org/fileadmin/OPCW/CWC/CWC_en.pdf

[22] <http://armychemicaloperations.tpub.com/cm32049/Figure-10-Effects-Of-Temperature-Gradients-On-Smoke-18.htm>