



Kemijske katastrofe

Chemical disasters

Josip Žunić[✉]

¹ u mirovini (Opća bolnica Karlovac, Veleučilište u Karlovcu, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci)

Ključne riječi

KATASTROFA; TOKSIKOLOGIJA; VULKANSKA ERUPCIJA;
SEVESO; BHOPAL

Keywords

DISASTER; TOXICOLOGY; VOLCANIC ERUPTION;
SEVESO; BHOPAL

SAŽETAK. Nesreće uzrokovane kemijskim sojevima mogu biti uzrokom teških posljedica. Uzroci mogu biti (1) prirodni (vulkani, požari, deflacija, mineralni i termalni izvori, oceani, drugo), (2) prirodne opasnosti (potresi, poplave, munje, smrzavanja) mogu biti uzrokom događaja koji ugrožavaju sigurnost i rad kemijskih postrojenja i izazivaju nesreće (Natech) i (3) ljudske aktivnosti – industrijski objekti; promet. Kao primjeri teških nesreća često se navodi tvornica Bhopal u Indiji (otrovanje metilcijanatom) i nesreća u talijanskom gradu Saveso (dioksin). Posljedice kemijskih katastrofa su velike štete na opasnim postrojenjima, ispuštanje opasnih tvari u okoliš, požari i eksplozija što rezultira teškim posljedicama po zdravlje, zagađenje okoliša i ekonomskim gubicima.

SUMMARY. Accidents caused by chemical compounds can cause serious consequences. The causes can be (1) natural (volcanoes, fires, deflation, mineral and thermal springs, oceans, other), (2) natural hazards (earthquakes, floods, lightning, freezing) can be the cause of events that threaten the safety and operation of chemical plants and cause accidents (Natech) and (3) human activities (immovable – industrial facilities; moving traffic). The Bhopal Plant in India (methylcyanate poisoning) and the accident in the Italian city of Saveso (dioxin) are often cited as examples of serious accidents. The consequences of chemical catastrophes include huge damage to hazardous facilities, the release of dangerous substances into the environment, fires and explosions, which result in serious consequences for health, environmental pollution and economic losses.

Kemijske su katastrofa najčešće posljedica ljudskih aktivnosti. Težinu određuje toksičnost i količina kemijske tvari, veličina kontaminiranog područja i izložene populacije te utjecaj na biljni, životinjski svijet i materijalna dobra. Ublažavanje posljedica može se postići provođenjem mjera pripravnosti (predvidivost događaja, tehnička rješenja proizvodnih procesa, zdravstveni sustav, upoznavanje javnosti) i brzom zdravstvenom intervencijom.

Rasprava

Uzroke katastrofa možemo podijeliti na 1. prirodne (erupcije vulkana, požari, mineralni i termalni izvori, more i drugi) i 2. katastrofe zbog ljudskih aktivnosti. Uzroci prirodnih katastrofa su vulkani, požari, oceani, mineralni i termalni izvori, svemirska prašina i drugi.

Tijekom erupcije vulkana izbacuju se vrući otrovni plinovi koji se brzo raznose (najčešće vodena para; teški plinovi: ugljični dioksid, sumporovodik; sumporni dioksid; klorovodik, ugljikov monoksid, fluorovodik), pepeo (zrnat, abrazivan, ponekad korozivan; može sadržavati kristalni silicij), lavu i stijene. Vulkanске erupcije mogu rezultirati dodatnim prijetnjama zdravlju: poplavama, klizištima, nestancima struje, onečišćenjima pitke vode i šumskim požarima. Nakon erupcije česta je pojava zaraznih i respiratornih bolesti, opekline, ozljeda (pad, prometne nesreće).

Šumski požar je nekontrolirani požar izazvan prirodnom vegetacijom. Pojavljuje se u divljim ruralnim područjima, a poslije migrira u urbana rubna područja. Uzroci su kombinacija brojnih čimbenika (visoke temperature, suša poslije rasta vegetacije, a često je potaknut munjom, ljudskom nepažnjom ili podmetanjem (2). El Nino vjerojatno utječe na pojavu šumskih požara zbog pojačane sušne sezone tropskih zemalja zapadnog Pacifika (Malezija, Indonezija, Borneo, Australija) (3). Najsklonija je požarima Australija. Požari se pojavljuju na svim kontinentima osim Antarktike. Primjeri. 1) U Wisconsinu (8.10.1871.) požar je uništio grad, 400 000 hektara vegetacije, umrlo je 1 500 ljudi. 2) Indonezijski šumski požari (1997.: otoci Sumatra, Sulawesi, Borneo, Java): uništeno je više od 3000 hektara. Onečišćenje zraka koje je nastalo požarom dogodilo je 70 milijuna ljudi, a u atmosferu je ispušteno je 2,6 milijardi tona ugljika, ugljikovog monoksida i sumpornog dioksida. Svi požari povećavaju globalno zatopljenje. 3) Za vrijeme požara u Viktoriji (1983.) i Južnoj Australiji temperature su bile preko 40°C u kombinaciji s vjetrovima brzine 20 ms/s. Umrlo je 26 ljudi, a 8000 je ostalo bez krova nad glavom.

✉ Adresa za dopisivanje:

Josip Žunić, Opća bolnica Karlovac, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci (u mirovini), Sarajevska 6A, 47000 Karlovac; e-pošta: jkarlovac@gmail.com

Mineralni i termalni izvori mogu biti uzrokom kemijskih nesreća. Dezinfekcija rekreacijskih bazena primjenom dezinficijensa u međudjelovanju s nizom drugih spojeva može biti uzrokom genotoksičnosti (4). Trebalo bi izbjegavati agense za bromiranje. Kombinacija klora i UV zraka može biti korisnija u usporedbi sa samim kloriranjem. Promjena ponašanja plivača (tuširanje prije ulaska u vodu) može biti ključna za smanjenje genotoksičnosti bazenske vode. Smrtnost u toplim ili vrućim izvorima posljedica je visokih temperatura vode, visoke kiselosti i štetnih mikroorganizama.

Bioakumulacija otrovnih spojeva (poliklorirani bifenili – PCB, polibromirani difenili – PBDE) u moru otkrivena je u dva najdublja oceanska kanala (5). Najviše razine PCB-a bile su u rakovima pedeset puta više od razina u kontaminiranih rakova s rižinih polja u području rijeka Liaohe koja je jedna od najzagađenijih u Kini. Potencijalna opasnost je i svemirska prašina (6).

Katastrofe zbog ljudskih aktivnosti mogu biti potaknute prirodom ili su posljedica niza nesretnih događaja.

Aktivnosti prirode poput potresa (7,8), poplava (9), ciklona (10) i drugih mogu biti uzrokom događaja koji ugrožavaju sigurnost i rad opasnih postrojenja. Takve su nesreće poznate kao prirodne opasnosti koje izazivaju tehnološke nesreće (NATECHs – Natural Hazards Triggering Technological Disasters). *Primjeri.* 1) *Rumunjska (Baia Mare, Baia Borsi, 2000.): prelijevanje brana rudničke jalovine zbog ekstremnih snježnih padalina i visokih temperaturama dovodi do vršnih ispusta pa je uz tehničke kvarove nastalo onečišćenje Dunava.* 2) *U kemijskoj tvornici (Harvey, Texas) nastaju eksplozije poslije uragana i visokih razina vode.* 3) *Zbog otaipanja permafrosta izlilo se dizelsko gorivo 2020. u Norilsku (Rusija).* 4) *Nesreća u elektrani Fukushima Daiichi nakon tsunamija 2011.*

Najpoznatiji primjer katastrofe zbog tehničkih razloga desio se 1984. g. u tvornici Bhopal, Indija (11). Zbog greške na uređajima iscurilo je više od 40 tona plina metil izocijanata. Odmah je umrlo najmanje 3800 ljudi. U slijedeća dva desetljeća desilo se 20 000 preuranjenih smrti (12). Tvrtka se pokušala se ograditi od pravne odgovornosti. S indijskom je Vladom postigla nagodbu: platila je 470 milijuna dolara odštete. Katastrofa je ukazala na potrebu uvođenja standarda za sigurnost okoliša, razvijanje preventivnih strategija i pripravnosti.

U talijanskom gradu Seveso dogodila se u tvornici za proizvodnju herbicida i pesticida 10. 7.1976. g. nesreća u kojoj je oslobođen gust oblak pare s dioksinom (13). Nastala je eksplozija i požar u kojem nije nitko stradao. Ubrzo su počele ugibati životinje koje su u organizam unijele dioksin iz trave. Simptomi su se pojavili i u djece koja su pila mlijeko lokalnih krava. Tje-

dan dana nakon nesreće bilo je jasno da se dioksin širio u okoliš. Evakuirani su stanovnici Sevesa, uklonjen je građevinski materijal, tlo u sloju od 5 cm, a sve su životinje su eutanazirane. Službeno nije nitko umrlo. Pobačaj zbog straha od teratogenog učinka za učinilo je 26 trudnica. Kod 447 osoba primijećene su promjene na koži. Poslije 20 godina zapažena je veća učestalost malignih i drugih bolesti (13,14). Nesreća je bila poticaj razvoja mjera u cilju bržeg prepoznavanja, upravljanja rizicima i poboljšanja javnozdravstvenih mjera. Direktivom Seveso (III) nastoje se kontrolirati opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari. Zakonodavstvo je izmijenjeno kako bi se javnosti dala veća prava, omogućio bolji pristup informacijama o rizicima te kako postupiti u slučaju nesreće.

Zaključak

Zbog nastanka kemijskih nesreća i katastrofa nužno je:

- prepoznati opasnosti,
- kontrolirati opasnosti,
- upravljati rizicima,
- poboljšati zdravstvene mjere,
- educirati javnost i omogućiti joj pristup informacijama.

LITERATURA

1. Roberts T, Dayma G, Oppenheimer C. Reaction Rates Control High-Temperature Chemistry of Volcanic Gases in Air. *Front. Earth Sci.* 2019;7:154. doi: 10.3389/feart.2019.00154
2. Cascio WE. Wildland fire smoke and human health. *Sci Total Environ.* 2018;624:586–595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.086. Epub 2017 Dec 27.
3. Jain M, Saxena P, Sharma S, Sonwani S. Investigation of Forest Fire Activity Changes Over the Central India Domain Using Satellite Observations During 2001–2020. *Geohealth.* 2021;5(12):e2021GH000528. doi: 10.1029/2021GH000528.
4. Liviak D, Wagner ED, Mitch WA, Altonji MJ, Plewa MJ. Genotoxicity of water concentrates from recreational pools after various disinfection methods. *Environ Sci Technol.* 2010;44(9):3527–32. doi: 10.1021/es903593w.
5. Jamieson AJ, Malkocs T, Piertney SB, Fujii T, Zhang Z. Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nat Ecol Evol.* 2017;1(3):51. doi: 10.1038/s41559-016-0051.
6. Lam CW, Scully RR, Zhang Y, Renne RA, Hunter RL, McCluskey RA i sur. Toxicity of lunar dust assessed in inhalation-exposed rats. *Inhal Toxicol.* 2013;25(12):661–78. doi: 10.3109/08958378.2013.833660.
7. European Commission, Joint Research Centre (JRC) (2012): RAPID-N – Rapid Natech risk analysis and mapping tool. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/9179ee1d-2079-455d-9104-f57378454839>
8. Girgin S. The Natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: aftermath and lessons learned. *Natural Haz-*

- ards and Earth System Sciences. 2011;11:1129–40. doi: 10.5194/nhess-11-1129-2011.
9. Cozzani V, Campedel M, Renni E, Krausmann E. Industrial accidents triggered by flood events: analysis of past accidents. *J Hazard Mater*. 2010;175(1–3):501–9. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.10.033. Epub 2009 Oct 15
 10. Erickson TB, Brooks J, Nilles EJ, Pham PN, Vinck P. Environmental health effects attributed to toxic and infectious agents following hurricanes, cyclones, flash floods and major hydro-meteorological events. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2019;22(5–6):157–171. doi: 10.1080/10937404.2019.1654422. Epub 2019 Aug 22
 11. Broughton E. The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environ Health*. 2005;4(1):6. doi: 10.1186/1476-069X-4-6.
 12. Sharma DC. Bhopal: 20 Years On. *Lancet*. 2005;365:111–112. doi: 10.1016/S0140-6736(05)17722-8.)
 13. Eskenazi B, Warner M, Brambilla P, Signorini S, Ames J, Mocarelli P. The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond. *Environ Int*. 2018;121(Pt 1):71–84. doi: 10.1016/j.envint.2018.08.051. Epub 2018 Sep 1
 14. Pesatori AC, Consonni D, Rubagotti M, Grillo P, Bertazzi PA. Cancer incidence in the population exposed to dioxin after the “Seveso accident”: twenty years of follow-up. *Environ Health*. 2009;8:39. doi: 10.1186/1476-069X-8-39.