

A SZEMÉLYI ÁLLOMÁNY VÉDELME A MÉRGEZŐ IPARI ANYAGOKKAL SZEMBEN

Sándor Tamás¹

Bevezetés

Az utóbbi időben a katonai műveletek tervezőit és elemzőit egyre inkább nyugtalanítja a világszerte termelt, felhalmozott és felhasznált legkülönbözőbb kémiai vegyületek nagy mennyisége és esetleges hatása a katonai műveletekre akár békeidőben, akár harci körülmények között.

A problémakör feldolgozásának célja annak megállapítása, melyek azok a vegyszerek, amelyek valóban fenyegetést jelentenek, és milyen intézkedéseket kell tenni a fentiekből adódó veszély elkerülésére, illetve csökkentésére.

Definíciók

Ipari vegyszer: Olyan anyag, amelynek előállítása egy-egy termelési létesítménynél meghaladhatja az évi 30 tonnás mennyiséget. Az ennél kisebb előállított mennyiséget speciális vegyszernek tekintjük.

A Washington D.C.-ben székelő Vegyipari Gyártók Szövetségének (Chemical Manufacturer's Association - CMA) becslése szerint a világban több mint 25 000 létesítményben állítanak elő, dolgoznak fel vagy készleteznek olyan vegyszereket, amelyek a Vegyifegyver Tilalmi Egyezmény (CWC) tárgykörébe tartoznak. Minden évben több mint 70 000 különféle, milliárd tonnát kitevő vegyszert állítanak elő, dolgoznak fel vagy fogyasztanak el a világ vegyiparában. Ezeknek a vegyszereknek nagy része kiesik a Vegyifegyver Tilalmi Egyezmény tárgyköréből, de közülük sok rendelkezik olyan jellemzőkkel, vagy eléggé veszélyes lehet ahhoz, hogy fenyegetést jelentsen háborús viszonyok között.

1. Dr.Sándor Tamás Respirátor Rt. munkatársa

LCt50 : a vegyszernek az a dózisa ($\text{mg} \cdot \text{perc} / \text{m}^3$), amelynek hatására a vizsgált populáció 50 %-a elpusztul.

Mérgező hatás: Mérgezőnek tekintjük a vegyszert, ha LCt50 értéke kisebb, mint $100.000 \text{ mg} \cdot \text{perc} / \text{m}^3$ bármely emlős fajra (ez az érték közel azonos az ammónia mérgező hatásával).

Mérgező ipari vegyszer (TIC): Olyan ipari vegyszer, amelynek LCt50 értéke kisebb, mint $100.000 \text{ mg} \cdot \text{perc} / \text{m}^3$ bármely emlős fajra, és amelyet évi 30 tonnát meghaladó mennyiségben állítanak elő egy-egy termelési létesítményben.

Mérgező ipari vegyületek csoportja

Mérgező ipari vegyszerek gyakorlatilag találhatók a világ valamennyi területén. Gyakorlatilag valamennyi ország képes arra, hogy veszélyes vegyszereket gyártson és bármelyik iparosított országnak vannak olyan vegyszerei, amelyek fenyegetést jelenthetnek a területükön lévő katonai erők számára.

Ipari vegyszerek nagy mennyiségekben állnak rendelkezésre a gyártás alatt, a felhasználást vagy kiszállítást megelőző tárolás, vagy azoknak egyik helyről a másikra való szállítása során. A rendelkezésre álló mozgási útvonaltól és a szállítandó vegyszerek mennyiségétől függően, a szállítás történhet teherautóval, vasúti tartálykocsikban, vízi úton uszályal vagy hajóval, szárazföldön föld feletti vagy föld alatti csővezetékeken keresztül, vagy néha légi úton.

A potenciális mérgező ipari vegyületek száma óriási. Amerikai nyilvántartások szerint a mérgezőségi kritériumot *több mint 1100 vegyület elégti ki. Ha a termelési korlátot is figyelembe vesszük, ez a szám 98-ra csökkenthető.* A vegyi anyagoknak ez a listája úgy szűkíthető tovább, hogy feltételezzük, reális veszélyt ezek a vegyszerek akkor jelentenek, ha belélegzéssel a szervezetbe kerülnek. Ezért az anyagok veszélyessége függ a normál körülmények között mért egyensúlyi gőznyomásuktól is.

Az ITF-25 által jóváhagyott értékelési rendszerben 4 faktor szerepel, mindegyik öt osztályba sorolva:

Osztály	Gyártó kontinensek száma	Gyártók száma	Mérgező hatás IDLH (mg/l)	A vegyület halmazállapota, illetve gőznyomása (Hgmm)
1	1	< 5	IDLH > 500	folyadék <10
2	2	5 - 24	$101 \leq \text{IDLH} \leq 500$	folyadék 10 - 100
3	3	25 - 49	$11 \leq \text{IDLH} \leq 100$	folyadék 100 - 400
4	4	50 - 99	$1 \leq \text{IDLH} \leq 10$	folyadék > 400
5	5	> 100	$1 \leq \text{IDLH} \leq 10$	gáz

Az egyes vegyületek veszélyességének értékelése során a faktorok értékeit össze kell szorozni, így a kapható maximális veszélyességi érték 625.

A TIC vegyületek a veszélyességi index segítségével tovább csoportosíthatók. A ITF-25 által legveszélyesebbnek tartott vegyületek indexe nagyobb, mint 81. Ezek a vegyületek a következők:

Veszélyes ipari vegyületek

ammónia	etilénoxid	füstölő salétromsav	kénsav
arzen	fluor	hidrogén-bromid	kén-dioxid
bór-triklorid	formaldehid	hidrogén-cianid	klór
bór-flourid	foszgén	hidrogén-fluorid	széndiszulfid
diborán	foszfor-triklorid	hidrogén-klorid	wolfram-hexa-fluorid

A kiemelten veszélyes ipari vegyiületek

ammónia	etilénoxid	hidrogén-cianid	klór
akrilonitril	formaldehid	hidrogén-fluorid	kéndioxid
bróm	foszgén	kénhidrogén	nitrogén-oxidok

A Védelem kérdései

A veszélyes ipari vegyületek elleni védekezés légzésvédelemre és bőrvédelemre oszlik. Itt most csak a légzésvédelemmel foglalkozunk.

Az egyéni vegyivédelmi eszközökben alkalmazott kombinált szűrők részecskeszűrő eleme eltávolítja a belélegzésre kerülő levegőből a folyadék és a szilárd fázisú aeroszolókat, míg gázszűrő része a gázfázisú mérgező anyagokat. A részecskeszűrő nagy hatékonyságú levegőszűrő (HEPA), amely 99,97 %-os szűrési hatásfokot biztosít a 0,3 mikron átmérőjű aeroszol részecskékre.

A gáz-szűrő aktív szenet tartalmaz, amelyet katalizátorhatású anyagokkal impregnálnak. *A veszélyes gázok/gőzök eltávolítása kétféle mechanizmus szerint történik:* fizikai elnyelés az aktív szén pórusaiban és vegyi reakciók az impregnálás során felvitt anyagokkal. Az olyan kis gőznyomású vegyületek, mint az ideg- és mustárgáz hatóanyagok eltávolítása a légáramból a szén mikroporozus szerkezetében fizikai elnyeléssel történik. A nagyobb gőznyomású vegyületek, mint a klórcián és a hidrogén-cianid nem adszorbeálódnak hatékonyan. Ezért az ilyen típusú vegyületek lebontására specifikus vegyületeket impregnálnak az aktív szénre, és ezzel biztosítják ezeknek a gázoknak a hatékony kiszűrését.

Bár a mérgező harcanyagok hatóanyagainak specifikus kiszűrésére katonai előírások szerint impregnált szeneket fejlesztettek ki, ezekkel számos ipari vegyszer is kiszűrhető. A szűrési teljesítmény függ a gőznyomástól és a vegyületek reakciókészségétől. Általában a 25 °C hőmérsékleten 10 Hgmm-nél kisebb gőznyomású vegyületek hatékonyan eltávolíthatók az aktív szén pórusaiban való fizikai elnyelés útján. 10 és 100 Hgmm-es gőznyomások között rövid ideig tartó védelem érhető el. A 100 Hgmm feletti gőznyomású vegyületek hatékony kiszűrése fizikai eljárással nem lehetséges. Ezért a vegyszerek és az impregnáló anyagok kölcsönös reakcióképessége nagyon fontos.

A jelen szempontból potenciális veszélynek tekintett sok fontos ipari vegyszer (pl. klór, ammónia, foszgén) gőznyomása nagy (> 100 Hgmm) és a katonai szűrők aktív szénével nagyon rossz hatásfokkal szűrhető ki. A

katonai szűrőket csak néhány fontos vegyszer ellen vizsgálták és a legtöbb vizsgálatot a várható alkalmazási koncentrációkon végezték csak el, jóval azon koncentrációk alatt, mint amelyek ipari, közlekedési, vagy egyéb katasztrófák esetén várhatók.

Ha a veszélyes anyagok eltávolítása a szűrőben kémiai reakció útján történik, akkor a nagyobb koncentrációkhoz a vártnál kisebb védelmi idők tartozhatnak, mert előfordulhat, hogy a veszélyes anyag tömegárama nagyobb, mint az érintkezési idő alatt elbontható mennyiség.

Nagy mennyiségű mérgező ipari vegyszer (TIC) kiszabadulásával járó tipikus helyzetek elemzése azt mutatja, hogy nagyon nagy gőz/gáz koncentrációk várhatók a szennyező forrás közvetlen szomszédságában. A legtöbb azonnali haláleset a baleset 400 méteres körzetén belül következik be vagy a repeszhatásokból eredően, vagy a magas koncentrációknak köszönhetően. Halálos koncentrációk a szennyezés forrásától egészen 5 km-es távolságig is előfordulnak a napszaktól (nappal/éjszaka), a meteorológiai feltételektől és a szóban forgó vegyszerek mennyiségétől függően. A vegyszerek dózis szintjei általában meghaladják a $100.000 \text{ mg} \cdot \text{perc}/\text{m}^3$ tartományt és a felhőben súlyos oxigénhiány is felléphet.

Ezeknél a nagyon magas koncentrációknál fennáll az a veszély, hogy az impregnált szénben a keletkező reakcióhő elegendően nagy ahhoz, hogy gyulladást okozzon a szénben. Ez a hatás akkor fordulhat elő, ha a koncentráció meghaladja az öt térfogat százalékot. Nagy koncentrációknál előfordulhat az is, hogy a levegő oxigén koncentrációja 17 tf% alá csökken, ami nem elegendő az élet fenntartásához, még akkor sem, ha hatékony szűrés létezik. Ezekben a helyzetekben csak egy zárt rendszerű oxigén légzőkészülék használata lehet hatékony.

A katonai gázálarc tehát nem biztosít kellő védelmet a közvetlen veszély zónáján belül, ahol az ipari vegyszerek rendkívül magas koncentrációban fordulhatnak elő, illetve ahol oxigénhiány léphet fel. A katonai gázálarcot ezért mérgező ipari anyag katasztrófák esetén csak vészhelyzeti védelemre, illetve a közvetlen veszély zónájából való menekülésre szabad használni. (Tűzoltás esetén szabály, hogy bármely olyan zárt térbe való belépésnél, ahol vegyszerek kifröccsenésére, vagy felszabadulására kell számítani, zárt rendszerű oxigén légzőkészüléket kell használni.)

Biztonsági távolságok

Ahhoz, hogy mérgező ipari anyagok kiszabadulási környezetében működő (al)egységek biztonsággal elkerüljék az esetleg szabadba jutó vegyszerek okozta veszélyeket egyrészt ismerni kell az adott helyzetre vonatkozó kockázatot (a vegyszertartályok elhelyezkedése, nagysága, a vegyület kémiai, biológiai tulajdonságai), másrészt az előbbieket által megszabott biztonsági távolságot. Az alegységek, hacsak kifejezetten nem indokolja valami, nem tartózkodhatnak ezen a távolságon belül.

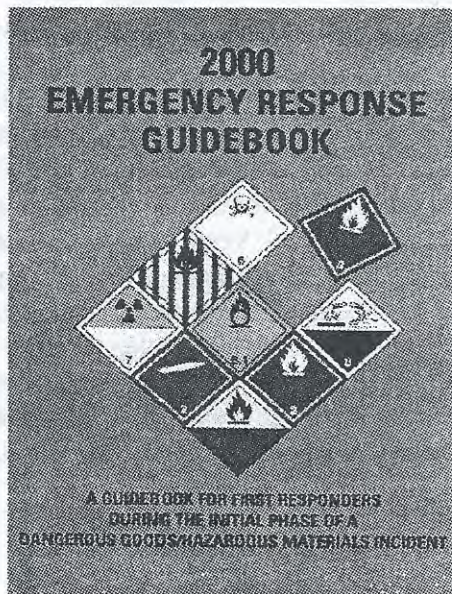
A legtöbb mérgező ipari vegyszer gőz/gáz formájában szabadul ki. Ezek a gázok/gőzök hajlamosak arra, hogy a levegőben nagy koncentrációban maradjanak meg, elsősorban a kiszabadulási ponttól szélirányban és az olyan mélyen fekvő területeken, mint a völgyek, hegyszorosok vagy pincék. Nagy koncentrációk jöhetnek létre épületekben, erdőkben, vagy ahol kicsi a légáramlás. Ezért ha műveleti megfontolásokból mégis a veszélyeztetett területen kell maradni, akkor előnyben kell részesíteni a legmagasabban fekvő területeket, a nyílt területeket széllel szembeni irányban az ipari vegyszerek forrásaitól.

Egyes vegyszertároló tartályok ezer literszám tartalmazhatnak TIC anyagokat. Ezeknek a vegyszereknek jelentős része atmoszferikus körülmények között gáz halmazállapotú, ugyanakkor nagy nyomáson és alacsony hőmérsékleten cseppfolyós állapotban tárolják ezeket. Néhány vegyszer gáz állapotban rendkívül tűzveszélyes. Ezeknek a tartályoknak a megsérülésekor a tárolt folyadék nagyon gyorsan kikerülhet a tartályból nagyon hideg folyadékként. A folyadék gőzfelhővé alakul, amelynek sűrűsége az alacsony hőmérséklet és a sokkal nagyobb molekulásúly miatt jóval nagyobb a levegőénél. A felhő mozgását ezért kezdetben inkább a gravitációs viszonyok határozzák meg, mintsem a szél. Ugyanakkor a felhő a környező levegő hatására folyamatosan hígul. Végül a felhő sűrűsége meg fog egyezni az azt körülvevő levegőével, és mozgása is meg fog egyezni a környező levegő mozgásával, mint bármely egyéb aeroszolnak. Ezen a ponton azonban a felhő koncentrációja már várhatóan elég alacsony lesz ahhoz, hogy ne legyen mérgező. Ezért minden előrejelző-értékelő eljárásnak a felhő hígulás előtti állapotát kell alapul vennie. Ez a viselkedés eltérő a veszélyeztetett terület nagyságának meghatározására. Részletes módszereket

találunk a helyzet értékelésére a **NAERG 2000-ben** (*North American Emergency Response Guidebook 2000*).

Katasztrófa esetén létfontosságú a kiszabaduló vegyszer-felhő útjának és koncentráció viszonyainak ismerete, valamint a koncentráció viszonyok földrajzi és időbeli változásának ismerete. Ezek a változások elegendő adat ismeretében ma már számítógépi programokkal jól szimulálhatók. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy ilyen, számítógépes apparátus kis valószínűséggel áll rendelkezésre azonnal a katasztrófa színhelyén.

Léteznek olyan adatforrások, amelyek jól hasznosíthatók a biztonsági távolságok megbecslésére. Ilyen a **STANAG 2909** által hivatkozott *Emergency Response Guidebook*. A kézikönyv több mint 9000 vegyületet tartalmaz és megadja a katasztrófák esetén alkalmazandó kezdeti biztonsági távolságokat. A jó alkalmazhatóság kedvéért a kézikönyv egyszerűsítéseket alkalmaz. A szóban forgó vegyület veszélyességének (LCt50) és mennyiségének függvényében megadja a katasztrófa középpontjától számított izolációs zóna sugarát és a középponttól szélirányban a négyszögletes biztonsági zóna oldalhosszúságát. Ezeket a zónákat ki kell üríteni, illetve adott esetben ide katonai egységeket nem lehet telepíteni. A biztonsági távolság a napszaktól is függ, mivel időjárásilag nyugodtabb körülmények között (pl. éjjel) a felhő lassabban oszlik, ezért a távolság nagyobb, mint pl. nappal.



Néhány vegyszer esetében alkalmazandó biztonsági távolságok láthatók a következő táblázatban. Ezek tehát olyan távolságok, amelyeken belül mérgező ipari vegyszer katasztrófa esetén a létrejövő vegyszer koncentrációk veszélyes vagy halálos szintet érnek el. Az első szám nappali használatra szolgál. A második szám éjszakai használatra szolgál de még inkább alkalmazható hó felett, nappal.

Ajánlott biztonsági távolságok a vegyianyag tároló telepektől

VEGYSZEREK	MENNYISÉG	NAPPAL	ÉJJEL
Klór	100 tonnáig	2,5 km	5 km
Foszgén	50 tonnáig		
Ammónia	500 tonnáig		
Hidrogén-cianid forró éghajlaton	50 tonnáig		
Kénhidrogén	50 tonnáig		
Metil-izocianát	50 tonnáig		
Hidrogén-cianid hideg éghajlaton	50 tonnáig	1 km	2,5 km
Hidrogén-fluorid	100 tonnáig		
Kén-trioxid	50 tonnáig		
Nitrogén-tetroxid	500 tonnáig		
Hidrogén-klorid	50 tonnáig		
Ammónia	100 tonnáig		
Bróm	50 tonnáig		
Kén-dioxid	50 tonnáig		
Akril-nitril	50 tonnáig		

Ezek a távolságok biztonságos tartalékot is tartalmaznak a terepi hatások, a meteorológiai feltételek változásainak, a vegyszerek kiszabadulási körülményeinek és a várható emberi reakciók kiszámíthatatlanságának a fedezésére. A távolságok meghatározására mérgezőterhelési értékeket, jellemzően az LCt10 értéket alkalmazták (ahol ezek rendelkezésre álltak vagy becsülhetők voltak állatokon végzett kísérletek eredményeiből), két-ség esetén szándékosan a nagyobb értékeket választva.

A STANAG 2909 szerint mérgező ipari anyag veszély esetén a NATO csapatok nem hatolhatnak be a tartályoktól számított 1 km-es körzetbe, csak ha ezt a harcászati helyzet kifejezetten szükségessé teszi. Mobil egységek csak 5 km-es sugarú körön kívül táborozhatnak és fix telepítési egységeket csak 10 km-es sugarú körön kívül lehet elhelyezni. Ezeket a biztonsági távolságokon belül mindenkit el kell látni megfelelő légzés-védelmi eszközökkel.

A távolságok megnövelése szükségessé válhat, ha felmerül a polgári lakosság veszélyeztetésének problémája, vagy ahol a lakosság reakciója kiszámíthatatlan illetve több túlérzékeny egyén van jelen.

A mérgező ipari vegyszerek kiszabadulása éjszaka a legveszélyesebb. A szélirányú biztonsági távolság éjszakai kiszabadulásnál sokkal nagyobb, mint a nappali kiszabadulásnál. Ezen kívül, a menekülés éjszaka sokkal nehezebb. Az áldozatok valószínűleg alszanak de még, ha ébren is vannak nehéz meglátni a közeledő gázfelhőt. Egy nagymértékű éjszakai kiszabadulás esetében sok súlyos sérülttel kell számolni.

A biztonsági távolságon belül mindig rendelkezni kell gázálarccal, és a csapatokat tájékoztatni kell a veszélyről és az annak bekövetkezése esetére vonatkozó teendőkről. Nem szabad táborhelyet kijelölni vegyi üzem, tároló telep, vasúti rakodóhely, stb. éjszakai biztonsági távolságán belül.

Ipari vegyszerek masszív kiszabadulása esetén a legfontosabb tennivaló az azonnali kitelepítés. Létfontosságú, hogy a parancsnokok és a csapatok tudják, hogy a mérgező ipari vegyszerek elleni legjobb védekezés az azonnali kimenekülés a mérgező vegyszer útjából. A gázálarc csak korlátozott védelmet biztosít és csak a veszély területről való kimenekülésre használható.

Légzésvédelem

Mint az korábban is említést nyert, a ma használatos katonai szűrők aktív anyagát nem ipari vegyszerek gőzeinek megkötésére tervezték. Ez azt jelenti, hogy csak kis határfokkal kötnek meg ipari vegyszereket. Ugyanakkor léteznek az iparban használt, olyan aktív szénrel töltött szű-

rők, amelyek bár jó hatásfokúak, de nem igazán hatásosak a vegyi harcanyagok gőzeinek megkötésekor. Ha a védelmi követelmények megfelelő kompromisszumát alakítjuk ki, elképzelhető olyan aktív szén, vagy szénkeverék, amely megfelelő védelmet nyújt mind a vegyi harcanyagok, mind a mérgező ipari anyagok gőzei ellen.

A kompromisszumnak abból a korábban említett tényből kell kiindulni, hogy mérgező ipari anyagok katasztrófa esetén a légzésvédő eszközök alapvetően menekülési célokat szolgálnak. Ha az egységek működésük során betartják az előírt biztonsági távolságokat, akkor kedvezőtlen terepés/vagy időjárási viszonyok között kerülhetnek ugyan mérgező levegőjű terepszakaszokra, de az itt mérhető káros anyag koncentrációk messze alatta maradnak a korábban említett értékeknek, ezért megfelelő szűrővel az eredményes menekülés valószínűsége igen nagy.

A szűrők védelmi kapacitását - akár hagyományos katonai, akár az új "vegyes" típusok - célszerű megvizsgálni azokra a vegyületekre, amelyek a legveszélyesebbek a mérgező ipari anyagok csoportból. Külön megfontolást érdemel ennek a mérgező ipari anyag csoportnak az összeállításánál, hogy célszerű-e maradéktalanul elfogadni a korábban említett listákat, vagy esetleg módosítani kell-e azokat a hazai jellegzetességekkel (a Magyarországon leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben használt veszélyes anyagokkal). A vizsgálatok eredménye egy olyan, az adott szűrőre jellemző számsor lehet, amely a szűrő védőképességét jellemzi ($\text{mg} \cdot \text{perc} / \text{m}^3$) dimenzióban. Ez lehetővé teszi, hogy a felderítés során megállapított koncentráció értékkel osztva a megfelelő védőképesség értéket, megkapjuk a szűrő védelmi idejét percben, az adott körülmények között.

A védőképesség értékek meghatározásakor további szempontok szerint alakíthatunk ki kompromisszumos döntéseket. Ha már adott (kiválasztott) a felhasználandó aktív szén típus, akkor a védelmi idő növelésének két tulajdonság szabhat határt. Egyrészt a teljes álarcokhoz alkalmazott szűrők tömege a mai szabályozás szerint nem lépheti túl az 500 g-ot. A jelenlegi szűrők ennél jelentősen kisebb tömegűek, ha tehát más szempont nem merül fel (pl. a katona teljes felszerelésének tömege) itt még vannak tartalékok. Másrészt a szűrő tömegének, azaz a betöltött szén mennyiségének növelésével, nő a szűrő légzésellenállása.