

VESZÉLYES GÁZOK FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI AZ IPARBAN ÉS A MEZŐGAZDASÁGBAN, ILLETVE E TEVÉKENYSÉGEK KOCKÁZATAI

USE OF HAZARDOUS GASES IN INDUSTRY AND AGRICULTURE AND THE RISKS OF THESE ACTIVITIES

DOBOR József

(ORCID: 0000-0003-0191-4261)

dobor.jozsef@uni-nke.hu

Absztrakt

Az elmúlt évszázadokban az emberiség fokozatosan hozzászokott a hosszú idő alatt kifejlesztett technikai vívmányokhoz melyek könnyebbé tették életünket. E felfedezések jelentős része közvetve vagy közvetlenül kapcsolatban áll valamilyen vegyület felhasználásával. Így már logikusan értelmezhető, hogy ugyan az életünk könnyebb lett, de bizonyos mennyiségű kockázat mindig hatótávolságon belül található. Ez pedig mindössze minimalizálható, de teljesen meg nem szüntethető.

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 azonosítószámú, „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű kiemelt projekt keretében működtetett Zrínyi Miklós Habilitációs Program keretében, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem felkérésére készült. A kutatási téma címe: A közszolgálat személyi állományának képzésfejlesztési lehetőségei a természettudományok oktatása kapcsán. Jelen cikk a cikksorozat második része.

Kulcsszavak: kémia, veszélyes gázok, veszélyes anyag, esettanulmány, vegyipar

Abstract

Over the centuries, mankind has gradually become accustomed to the technical achievements developed over a long period of time that have made our lives easier. Much of these discoveries are directly or indirectly related to the use of a compound. So logically, though, life has become easier, but a certain amount of risk is always within range. This can only be minimized, but can not be completely eliminated. In response to relatively frequent damage related to chemical substances, a modern approach to security policy can be invoked, some of which are closely related to this article by the author: the measurable parameters of the hazard must be registered, the security measures are multi-level, decisions by companies to protect human health and the environment.

The work was commissioned by the National Public Service University in the framework of the Miklós Zrínyi Habilitation Program, under the priority project called "Public Service Development, Constructing Good Governance", called the KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001. Title of the research topic: Training opportunities for the training of civil servants in the teaching of natural sciences. This article is the second part of the series.

Keywords: chemistry, hazardous gases, dangerous substance, case study, chemical industry

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2017.07.03.

A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2017.07.10.

BEVEZETÉS

Gázokkal kapcsolatos káresemények gyakorisága számottevőbb, mint a folyékony, vagy szilárd halmazállapotú veszélyes anyagokkal összefüggő események. Néhány évtizeddel ezelőtt bekövetkezett, a gázok veszélyességéről meggyőző két baleset rövid ismertetésével indítom cikkemet.

1983. március 3-án Svédországban, Stockholmban a nyílt utcán történt hidrogénrobbanás. Az esemény akkor következett be, amikor a teherautóból kirakodott gázpalackok hirtelen szivárogni kezdtek. A 18 palack egy tárolóban volt elhelyezve, a szivárgáskor kiszabaduló hidrogéngáz robbanásának ereje 90 méteres körben betörte az ablakokat. 16 személy sérült meg a balesetben, emellett 10 gépjármű is komoly sérüléseket szenvedett. Ez az esemény nevezetes példa a hidrogén veszélyességének bemutatására. [1, 2]

1986-ban Bulgária, Devnya városában található PVC gyárában következett be jelentős ipari káresemény. A vizsgálatok alapján megerősítették, hogy veszélyes gázhalmazállapotú anyag (valószínűleg etiléngáz) a hibás csőrendszerből szivárgott ki, gyűlt össze, és robbant be. A gyár 17 dolgozója, köztük 8 laboratóriumi munkatársnő halt meg a balesetben. Ennek az esetnek a fő tanulságai, hogy az ellenőrzés a biztonságos üzemeltetés kulcsfontosságú lépése, továbbá minden olyan tevékenységet, amely nem feltétlenül szükséges az üzem folyamatos működéséhez (mint például laboratóriumi munka), a veszélyes létesítménytől biztonságos távolságban kell elhelyezni. [3]

HAZAI, VESZÉLYES TULAJDONSÁGÚ GÁZOK IPARI ALKALMAZÁSÁVAL KAPCSOLATOS, NÉHÁNY JELENTŐSEBB ESEMÉNY

1863-ban Debrecen és Zágráb közvilágítására városi gázt (fő összetevői a szén-monoxid és a hidrogéngáz) alkalmaztak. A debreceni telephelyen a gázt a fa száraz lepárlásával állították elő, mely első volt hazánkban. [4]

1897. szeptember 6-án Tatatóvárosban, a világon elsőként, acetilén közvilágítást helyeztek üzembe. Ferencz József 1897. szeptember 10-15. között találkozott a városban egy hadgyakorlat során II. Vilmos német császárral. A történelmi krónikák szerint tulajdonképpen a díszes világítást e találkozó tiszteletére készítették el. A létrehozott rendszer 500 lámpát volt képes ellátni, melyet a budapesti Acetiléngáz Rt. készített. Az acetilént a kalcium-karbid vízzel történő reakciójával fejlesztették. Az akkori kornak megfelelő technikai fejlettségű tartályokban tárolták az előállított gázt, és folyamatosan engedték a csőhálózatba, mely ellátta a lámpákat. [4]

1953-ban Budapesten a Váci út 117-ben, a Budapesti Oxigéngyár kísérleti üzeme kezdte meg működését 600 m³/óra kapacitással. [4]

1963. április 15-én megkezdte működését a Nitrokémia Ipartelepek elektrolízis üzemegysége, mely 8 kt/év mennyiségben volt képes klórgázt előállítani. [4]

1965 év végén elkészült az Észak-magyarországi Vegyiművek 10 kt/év kapacitású formaldehidüzeme. [5]

1967-ben a hazai teljes ammóniatermelés földgázbázisra váltott. [4]

1977-ben került átadásra a Tiszaújvárost Kazincbarcikával összekötő, 52 km-es vezeték, amelyen évi 80 kt etilén is szállítható volt a TVK-ból a BVK-ba. [6]

1985. június 8-án kezdték meg a Péti Nitrogénművek (Nitrogénművek Zrt.) új argongyárának próbauzemét, mely évi 2 000 000 m³ gáz előállítására volt képes. [5]

1988. augusztus 16-án, Budapest területén a teljes gázhálózatot, technológiai alapon földgázra állították át. [4]

1998. június 4-én a Vas-megyében levő Ölbő községben felavatták a MOL Rt. és a Messer Griesheim Gmbh vállalatok együttműködésében felépített, nagy tisztaságú, 40 kt évi kapacitású cseppfolyós szén-dioxid előállítására képes üzemegységet. [4]

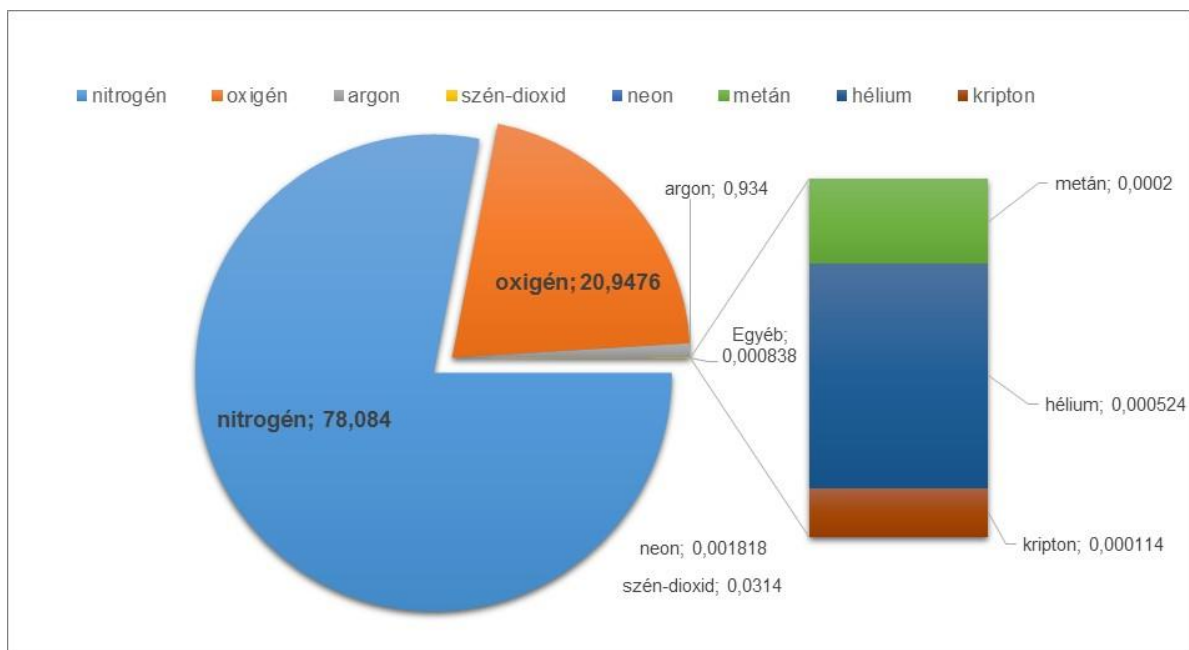
2007 augusztusában helyezték üzembe a Nitrogénművek Zrt. nagy kapacitású salétromsav üzemét. Európai viszonylatban, akkoriban a legnagyobb kapacitású létesítmény 1 500 tonna salétromsavat állított elő. Az üzem a Grande Paroisse francia cég új technológiája szerint került kiépítésre, NO_x/ N₂O véggáz-mentesítő rendszerét a német Uhde cég szállította. Ennek köszönhetően a vállalat korábbi öt, korszerűtlen salétromsav gyártóvonalát állította le. [6]

A GÁZOKRÓL ÁLTALÁBAN

Az előzőekben levezetett gondolatok segítségével kezdtem ismertetni, hogy a gázzal kapcsolatos tevékenységek nélkülözhetetlenek, ugyanakkor jelentős veszélyeket hordoznak magukban. A gáz elnevezése a káosz szóból származik. A gázt atomok vagy molekulák alkotják, amelyek mozgása véletlenszerű, a részecskék folyamatosan ütköznek egymással és a tárolóedényzet falával. A gáz részecskéi kitöltik a rendelkezésükre álló teret, mozgásuk a hőmérséklet és a nyomás függvénye. [7]

Különböző gázok vesznek körül bennünket a mindennapi életben. A levegő, amelyet belélegezzünk, többféle gázból áll, beleértve az oxigént és a nitrogént. A mindennapi életfolyamatok során is termelődnek gázok, az ember lélegzésekor az oxigén a szervezetben lejátszódó, rendkívül összetett folyamatokat követően szén-dioxiddá alakul.

A gázok könnyebbek, nehezebbek vagy közel hasonló sűrűségűek, mint a levegő; szagosak vagy szagtalanok, illetve színesek vagy színtelenek lehetnek. Ha nem látható, nem szagolható, akkor ez nem jelenti azt, hogy nincs jelen valamilyen gáz. Jól szemléltethető az alábbiakkal a levegő egy gázkeverék, körülbelül 78 térfogat %-a nitrogén, amely jelen van folyamatosan, színtelen, szagtalan, nem mérgező. A levegő összetétele az 1. ábrán látható. [8]



1. ábra A levegő összetétele (15 ° C hőmérsékleten és 101 325 Pa nyomáson) [9]

A felhasznált gázok többsége komprimált (sűrített), vagy nyomás alatti, de még gázhalmazállapotban, és nem cseppfolyósított állapotban tárolt gázok. A gázok egy része, szobahőmérsékleten történő összenyomáskor nem cseppfolyósítható, még jelentős nyomáson sem. Leggyakoribb képviselői a nitrogén, a levegő, az oxigén, a hélium, a hidrogén és az argon. [7, 8]

Cseppfolyósított gázok, egyes gázok nagy nyomáson folyadék állapotba juttathatók. A gyakoribb cseppfolyósított gázokra példaként a vízmentes ammónia, metán, klór, propán, dinitrogén-oxid és széndioxid említhető.

Kriogén anyagok, egyes gázok nagyon alacsony hőmérsékleten nyomás hatására cseppfolyósíthatók. Ilyen anyagok a nitrogén, argon vagy hélium. Hűtőközegként használják a kriogén folyadékokat, a velük való munka megnövekedett fulladásveszélyt jelent, mivel nagy mennyiségű gáz keletkezik viszonylag kis mennyiségű kriogén folyadékból. A keletkező gáz alacsony hőmérsékletű, amely kezdetben a talajszinten terül szét, ezért okozhat fulladásveszélyt. Érdekességként említést teszek arról, hogy cseppfolyósított 50 liternyi nitrogénből (melyet duplafalú, szigetelt tartályban ún. Dewar edényben szoktak tárolni) 34,80 m³-nyi nitrogéngáz keletkezhet legfeljebb, ez egy laboratóriumban, vagy üzemcsarnokban végzetes következményeket okozhat. A kriogén anyag használatával járó másik fő kockázat a fagyási sérülés. [7, 8]

Van egy különleges példa gáztárolásra, az acetilén gyakran használt anyag, nyomás, vagy szikra hatására azonban robban, viszont oxigénnel kb. 3000 °C-os láng hőmérséklet érhető el. A tudomány megoldást talált erre a problémára is, acetonban oldják fel úgy, hogy a palackban porózus töltőanyag is található. Így gyakorlatilag rutinszerűen szállítható, tárolható és felhasználható.

Mint az előzőekben már ismertettem, a levegő 21 térfogat %-a oxigén, ami az égéshez megfelelő. Amennyiben az oxigéntartalom: 14-18 térfogat %, tökéletlen; 10 térfogat % alatti érték, akkor megszűnik az égés. Az oxigén magas szintje növeli az anyagok és gázok gyúlékonyságát, például 24 térfogat % felett a ruházat sokkal gyúlékonyabb, mint normál körülmények között.

Az égés összetett fizikai és kémiai folyamat, mely során végeredményben az oxigén kombinálódik egy másik anyaggal, amit az energia (hő, fény) felszabadulása kíséri. Az éghető anyag általában, de nem mindig szénhidrogén vegyület, és lehet szilárd, folyékony, gőz vagy gáz halmazállapotú. Az alábbi tényezők egyidejű megvalósulása szükséges az égéshez: éghető anyag; égéshez szükséges oxigén (megfelelő koncentrációban); gyulladási hőmérséklet, gyújtóforrás. [7, 8]

Egyes gázok mérgezőek és így életveszélyesek lehetnek már nagyon alacsony koncentrációknál, ilyen például a hidrogén-szulfid (H₂S), a klór (Cl₂) és az ammónia (NH₃). A nemzetközi adatok alapján több ember hal meg a mérgező gázoktól, mint a gyúlékony gázok okozta robbanásoktól. Mivel a káros hatások gyakran additív tulajdonságúak, fontos, hogy ne csak a gáz koncentrációját, hanem az expozíció teljes idejét is mérjék.

OXIGÉNHIÁNYOS KÖRNYEZET

Mindannyiunknak levegőt kell lélegeznie, mely gázelegy létfontosságú komponense az oxigén (O₂). A normál környezeti levegő 20,9 térfogat % oxigént tartalmaz. Ha az oxigén szint 19,5 térfogat % vagy ez alatti, akkor a levegő oxigénhiányosnak tekinthető. A 16 térfogat % alatti oxigénszint emberre nézve nem biztonságos. Az 1. táblázat az oxigénhiány emberre gyakorolt hatásait vázolja.

Levegőben mért oxigén-koncentráció térfogat %	Az emberre gyakorolt hatás
19	Néhány kedvezőtlen élettani hatás fordul elő, de esetenként nem észrevehető.
15-19	Fokozott pulzus és légzésszám. Csökkent munkaképesség és szellemi teljesítmény. Koordinációs, légzési- és keringési problémák jelentkeznek.
16	Az előzőekben ismertetett tünetek némileg fokozódnak.
12-15	A szervezet koordinációs problémái tovább fokozódnak. Rendellenes fáradtságérzés jelentkezik a legkisebb munkavégzést követően. Új tünetként jelentkezik az érzelmi zavartság.
14	Kóros fáradtság minimális munkavégzést követően, érzelmi egyensúly felborul, hibás koordináció, csökkent ítélőképesség.
10-12	Az ítélő-, és koordináció képesség tovább romlik. Ez az oxigénszint tartósan, már a szervezet károsodását eredményezi, pld. szívkárosodást okozhat. Ájulás, hányás néhány percen belül bekövetkezik. A percnkénti légzésszám tovább növekszik, az ajkak kékes elszíneződést mutatnak.
10 alatt	A szervezet rövid időn belül mozgásra képtelenné válik. Állandó szédülés, eszméletvesztés, görcsrohamok. Mentális kudarc, ájulás, eszméletvesztés, hamuszürke arc, ajkak kékesége fokozódik, émelygés és hányás.
6 alatt	Görcsök, légszomj, szívmegállás, görcsös légzés a jellemző. A szakirodalom alapján számszerűsítve, halálos sérülés esélye percben: 8 perc alatt 100%-os; 6 perc alatt 50%-os. Amennyiben a személy kimentése 4-5 percen belül megtörténik, úgy azonnali beavatkozásokkal és tartós kezeléssel még van esély a sérült megmentésére.
4 alatt	Eszméletvesztés egy vagy két lélegzetvételt követően, kóma jelentkezhet akár 40 másodperc alatt, görcsök, légzés megszűnése, halál.

1. táblázat Az oxigénhiány emberre gyakorolt hatásának összefoglalása [10, 11]

Számos telepíthető és hordozható mérőberendezés áll rendelkezésre a folyamatos, és pontos gázérzékeléshez. Jelentős számú ipari folyamat során használnak fel veszélyes tulajdonságú, mérgező és éghető gázokat. Miután nagyszámú technológiai folyamat zajlik az előbb említett anyagokkal, elkerülhetetlen, hogy időnként előfordul az, hogy gázok szabadulnak ki a tartályokból, csőhálózatból, amelyek potenciális veszélyt jelentenek az üzemre, alkalmazottaira és a közelben élő emberekre nézve.

Fontos megjegyezni, hogy a magas oxigénkoncentráció (több mint 23,5 térfogat %) számos anyag éghetőségét jelentősen megemeli! [12] Egy rövid külföldi példa ennek szemléltetésére: egy nagy átmérőjű acélcsőben folytattak javítási munkálatokat, miután a munkás bemászott a csőbe kb. 30 méterre a belépési ponttól, a javítási munkálat részeként hegesztést végzett, egy szelepet javított. Mielőtt a munkás bejutott a javítandó területre, a munkacsoport tagjai úgy döntöttek, hogy oxigéngázt adagolnak be, acélpalackból, a fulladásveszély elkerülése érdekében. Ezt megközelítőleg öt percig folytatták, amikor a csőhálózatban tartózkodó munkás ruhája meggyulladt. Egy másik munkás gyorsan bemászott, 30 métert küszört a hálózat belsejében, és eloltotta a tüzet, azonban a hegesztő olyan súlyos égési sérüléseket szenvedett, hogy másnap meghalt. [13]

Gázokkal kapcsolatos munkálatoknál, a munkavállalók a következő fizikai, kémiai veszélyekkel találkozhatnak:

- toxikus gázok (pl. hidrogén-szulfid) jelenléte;
- robbanékony / tűzveszélyes gázok (pl. metán) jelenléte;
- oxigénhiány, amikor a légtérben az oxigén koncentrációja legfeljebb 19,5 térfogat %.

A cikk következő részében az oxigénhiányos környezet veszélyességének szemléltetése céljából egy külföldi káresemény kerül ismertetésre.

Fulladással járó halálos baleset egy finomítóban, Egyesült Államok, Delaware City, 2005. november 5. [14, 15]

A Delaware City finomítója 1957 óta üzemel, melynek napi gyártási kapacitása 210 000 barrel (1 barrel = 158,99 liter) nyersolaj feldolgozása, és a Delaware folyó mentén helyezkedik el. Az üzem területének nagysága 5000 hektár, 566 munkaeőt foglalkoztat. Fő tevékenységi köre a nyersolaj tüzelőanyagá (benzin, gázolaj, kerozin) és háztartási, ipari fűtőolajjá alakítása. További folyamatként könnyű benzin és a közúti bitumen előállításával is foglalkozik. A létesítményben minden a szénhidrogén feldolgozóiparban alkalmazott technológiai berendezés megtalálható, többek között: atmoszférikus desztilláló, katalitikus krakkoló, katalitikus reformáló technológiai egységek.

2005. november 5-én a két alvállalkozó fulladást szenvedett a hidrokraakoló egység karbantartási munkálatai során, miközben egy csövet emeltek be egy nitrogéngázzal telített reaktortartályba. Az esemény vizsgálata során megállapították, hogy az egyik technikus az oxigénhiány következtében elájult, és beleesett a reaktorba, miközben megpróbált felvenni egy tekercs ragasztószalagot. A másik technikus segíteni próbált munkatársának, s eközben megfulladt.

Inert gázként számos esetben alkalmaznak nitrogéngázt az iparban, abból a célból, hogy csökkentsék a levegőben az oxigén koncentrációját. Erre azért van szükség, mert a csőhálózatban és berendezésekben keringő levegő oxigéntartalma károsíthatja a rendkívül költséges katalizátort.

Az olajfinomító munkatársai a hidrokraakolási reaktort karbantartás céljából leállították, majd a nitrogéngáz beáramlását rövid időre lezárták, hogy lehetővé tegyék a katalizátor adagolását a reaktorba. Miután az újratöltési lépést befejezték, a reaktor fedelét egy műanyag ponyvával fedték le átmenetileg. Az olajfinomító alkalmazottai veszélyre figyelmeztető jelzéseket helyeztek el a karbantartás alatti egységen: "Veszély! Zárt tér! Engedély nélkül tilos belépni! Fulladásveszély!" .

Miután az alvállalkozók megkapták az engedélyt a finomítótól a munka megkezdésére, folytatták a karbantartási műveletet. Az esemény elemzésekor kiderítették, hogy a munkafolyamatra kiadott engedélyben nem szerepelt az, hogy a reaktort nitrogénnel töltötték meg. Az engedélyezési formanyomtatványban szereplő kérdésre miszerint „a művelet részeként szükség van-e nitrogénes tisztításra (öblítésre)” a nincs adat részt jelölték be. Az alvállalkozó alkalmazottja eltávolította a reaktort fedő átmeneti védelmet, és észrevett egy tekercs műanyag szalagot a reaktorban. A reaktorra vonatkozó követelményeknek megfelelően, ezt mindenképpen el kellett távolítani.

A reaktortartályba (a zárt térbe) történő belépéshez speciális felszerelést, különleges jóváhagyások és a műveletet rutinszerűen ismerő alkalmazottak szükségesek. A feladathoz kirendelt szakemberek aggodalmukat fejezték ki a fennálló problémával kapcsolatban, a tartályhoz csatlakozó csőrész visszaszerelését még a műszak vége előtt be kellett volna befejezni, de a szükséges és alkalmas daru nem volt elérhető. Ekkor próbálta meg az alvállalkozók egyik technikus, sikertelenül megragadni a szalagot egy eszköz segítségével, majd véletlenül elesett és bezuhant a reaktorba, és rövid időn belül elájult.

A reaktorba zuhant technikus kimentését azonnal megkezdte a közelben tartózkodó munkás (egyéni védőeszközök nélkül), de rövid időn belül ő is eszméletét veszítette (az alacsony oxigénszint miatt). Egy harmadik technikus észlelte a történeteket és riasztotta a finomító személyzetét. Az egyéni légzésvédelemmel felszerelt mentőszemélyzet 10 percen belül belépett a reaktorba, és kimentette a két, eszméletlen sérültet, megkezdtek az újraélesztésüket, de nem jártak eredménnyel. A mentőszemélyzet által a reaktor belsejében mért oxigéntartalom kevesebb, mint 1% volt.

Az alapos vizsgálat megerősítette a feltárt hiányosságokat, miszerint nem jelölték a nitrogén atmoszféra jelenlétét, nem helyeztek el akadályokat, a reaktor közelében, amelyek

megakadályozhatták volna a reaktorba történő véletlen belépést. Másik komoly hiányosság volt az alkalmatlan munkaengedélyezési formanyomtatvány, amely nem tett említést a reaktorban lévő nitrogén jelenlétéről. A vizsgálatok szerint az eseményhez az is hozzájárult, hogy a helyszínen dolgozó személyzetnek nyújtott információ és képzés hiányos volt.

A baleset következményeként az *American Petroleum Institute* biztonsági utasításait felülvizsgálták annak érdekében, hogy megerősítsék az olaj- és petrokémiai iparban, zárt térben dolgozó szakembereknek nyújtott képzés hatékonyságát, színvonalát. A vizsgálat során hangsúlyt kapott:

- Az oxigénhiányos légkör veszélyes, nemcsak a zárt térben, hanem a berendezések közelében is szükséges az egyéni védelem alkalmazása;
- Ez a fajta veszély különösen megtévesztő, nem érzékelhető az emberi érzékszervekkel;
- Az elsődleges beavatkozóknak, minden esetben a beavatkozás előtt szigorúan végre kell hajtaniuk a biztonsági előírásban foglaltak szerinti alkalmazandó eljárásokat.

Ez a baleset, hasonlóan az oxigénhiányos helyszínekben tapasztalt hasonló esetekhez, a következőket hangsúlyozza:

- a kockázat azonosításakor figyelembe kell venni az oxigénhiányos légkör kialakulásának lehetőségét, és munkavégzést ebben az atmoszférában (oxigénhiányos, nem mérgező atmoszféra egy percen belül halált eredményezhet);
- nagyon fontos a munkálatokat végző személyzet, és elsődleges beavatkozók képzése;
- minden, az előírásokban, munkautasításokban megjelölt optimális biztonsági feltétel, maradéktalanul biztosítani szükséges.

MÉRGEZŐ GÁZOK [16]

A mérgező gázok emberi szervezetbe jutásának három fő lehetősége van. A belélegzés a veszélyes vegyi anyagok bejutásának elsődleges útja egy munkakörnyezetben. A bőrön keresztüli felszívódás egy újabb belépési útvonal a szervezetbe. A teljes bőrfelület nagy felület (1,5 - 1,8 m²), a felszívódás nagyon gyorsan megtörténhet, ha a bőr sérült, vagy nagy felületen érintkezik a mérgező vegyülettel. Lenyeléssel is a szervezetbe kerülhetnek a mérgező anyagok, és belépve a szervezetbe a gyomor-bél traktuson keresztül felszívódik.

A dokumentum alábbi részében az ammóniagáz mérgező, és tűzveszélyes tulajdonságait mutatom be egy üzemben bekövetkezett káresemény ismertetésén keresztül.

Ammóniatartály robbanása, Dakar, Szenegál, 1992. március 24. [17, 18]

A baleset helyszíne Szenegál egyik legnagyobb vállalata, élelmiszer-feldolgozó üzem, ahol olajrepcse, mogyoró, vetőmag kezelésével és feldolgozásával foglalkoztak. A káresemény helyszíne Dakar kikötői övezetének ipari szektorában található. Az egység a mogyorót tartalmazó élelmiszerek gyártása előtt (az aflatoxin eltávolításán keresztül) méregtelenítést hexánnal, extrakciós eljárással végezte, amely formaldehidet és ammóniát is alkalmazott. Az ammóniát Dakar kikötőjében található műtrágyagyártó cég szállította az üzemnek, három 3000 tonnás gömbtartályban tárolták -2 és -5 ° C közötti hőmérsékleten.

1992. március 23-án, a baleset előestéjén egy tartályt, a műtrágya üzemhez tartozó tárolóegységtől átszállítottak és a vetőmagtisztító üzemhez és a méregtelenítő egység közelében lerakodták. Másnap délután 13.30-kor a tartályhasadás következtében az ammónia egy része (22,18 t) a környezetbe jutott.

A rendkívüli balesetben következménye 129 halott és 1150 sérült. A sérülteket kezelő orvosok megfigyelték, hogy a látszólag kisebb sérüléseket szenvedett áldozatok egy része, a tüdőödéma miatt elhalálozott.

A káresemény elemzéséből származó adatok lehetőséget teremtettek az addig alkalmazott kockázatelemzés javítására. A tartály felhasadásakor, a cseppfolyós ammónia 30 méter távolságra jutott el. A közelben levő épületek megakadályozták a nagyobb távolságra jutását. A szemtanúk beszámolója alapján fehér színű felhő képződött, majd áramlott a kiömlött ammóniatócsából, nagyon gyorsan haladt, és leginkább felfelé áramlott. A beszámolók szerint az ammóniafelhő 250 m-re távolodott el a kibocsátás pontjától, ezt követően gyorsan felszívódott, elkeveredett, felhígult a levegőben, mintegy 15 perc alatt. Az elsődleges beavatkozók hatékony közreműködését hátráltatta a védőeszközök hiánya, és a kialakult veszélyes ammónia-koncentráció. A tartály felhasadása utáni percekben a halálesetek többsége a létesítmény félig zárt területein (az utcák és azon helyiségekben, ahol az ablakokat betörték a robbanás miatt), és a kikötőben található éttermi részen következett be. Érdekes példa az elzárkózás hatékonyságára és esetenkénti alkalmazandóságára, hogy a robbanásakor egy üzemi dolgozó az irodájában kényszerült kb. 25 percig tartózkodni (mivel az ajtó gyakorlatilag megsérült a detonáció következtében) és nem sérült meg, annak ellenére, hogy a közelben tartózkodott. Az ammóniagáz veszélyes tulajdonságai a mérgezőképesség és a tűzveszélyesség. A sok halálos áldozat a gáz mérgező hatásának tudható, de még nagyobb kárt a robbanóképes levegő-ammónia gázelegy okozott volna. A baleset időpontjában a meteorológiai paraméterek a következők voltak: 28 ° C-os hőmérséklet, magas páratartalom, instabil irányú, alacsony sebességű szél. Utólagosan megállapításra került, hogy az előzőleg modellezett kockázati zónák elmaradtak a kockázatértékelésben számított eredményektől.

A káresemény vizsgálata során a következőket állapították meg: a tartályt 1983-ban egy francia cég készítette, mely megfelelt a veszélyes anyagok szállítására vonatkozó francia szabályozásban foglaltaknak, így a szükséges tanúsítvánnyal ellátták. Ezután, pár év múlva, 1991-ben javították, miután szivárgást állapítottak meg a kötelező, időközi vizsgálatok. A rendelkezésre álló szakirodalom alapján bizonyításra került, hogy a tartály megsérült (ún. mikrorepedések keletkeztek) a telephelyi javítás során. A szenegáli hatóságok által végzett vizsgálat megállapította, hogy a tartályt többször túltöltötték a balesetet megelőző időszakban. Az esemény előtti napon, 1992. március 23-án 22,18 tonna ammóniát töltöttek a tartályba az előírásban engedélyezett 17,685 tonna helyett. Ezek a sorozatos túltöltések eredményezték a tartály deformációját, és a baleset napján történő felhasadását.

A balesetet követően a létesítmény ammóniaigényének beszerzését módosították.

Az ammóniát 12,5 tonnás tartálykonténerekben Európából importálták, és ez volt a legnagyobb tárolási mennyiség egy helyen:

- egy tartálykonténert az olajos magvak detoxikálására alkalmaztak,
- a továbbiakat pedig a létesítmény közelében lévő raktárterületen helyezték el.

Ez az új tárolási módszer nagyobb biztonságot nyújtott, mivel:

- az egykori tartályoknál kisebb tárolókapacitásúak (18 t),
- a töltést a gyártó üzem végzi a terhelési határértékeket figyelembe véve,
- a hasadás elleni szerelvényekkel is ellátták a tartályokat.

A következőkben egy másik, az iparban gyakran alkalmazott mérgező gázhalmazállapotú anyaggal, a klórgázzal kapcsolatos problémakör került feldolgozásra.

A vizek fertőtlenítésére gyakran alkalmazott vegyszer a klórgáz, melynek segítségével mikrobiológiai szempontból emberi fogyasztásra alkalmassá tehető az ivóvíz. Ez a művelet jelentős mennyiségű vegyszer felhasználását igényli, és a folyamat során felhasznált vegyszerek nem megfelelő tárolása kockázatos lehet. A vízügy szakemberei 100 éve alkalmazzák ezt a fertőtlenítési módszert, mely során az ivóvízhez (a víztisztítás záró lépése) klórt adagolnak, ennek köszönhetően a patogén (betegséget) okozó mikroorganizmusok elpusztulnak. A hozzáadott klór sokfajta formában is eredményhez vezethet, például klórgáz,

nátrium-hipoklorit oldat, kalcium-hipoklorit (klórmész) szilárd anyag is alkalmas. A klórgázzal kapcsolatos információk a 2. táblázatban kerültek összefoglalásra. [19, 20]

- zöldsárga színű gáz
- nyomáson alatt, és cseppfolyósítva szállítják, tárolják
- irritáló szagú, köhögésre ingerlő
- vízzel gyengén reagál (hipokloros sav, és hidrogén-klorid képződése közben)
- nem gyúlékony, de oxidáló hatású
- jelentősen nehezebb a levegőnél
- súlyosan irritálja a bőrt, a szemet, orrot és a tüdőt
- bőr és szemkontaktus esetén súlyos égési sérülést, akár vakságot eredményezhet
- a cseppfolyós klór környezetbe kerülve fagyási sérüléseket okozhat
- a gumik, műanyagok néhány típusát megtámadja
- a klórgáz már alacsony koncentrációban is halálos, a mentéshez, felderítéshez a legmagasabb fokú védelem szükséges
- a kárterületet az aktuális szél irányából kell megközelíteni
- tűznek kitett klórtartály felrobbanhat
- élővizekre veszélyes

2. táblázat A klórgázzal kapcsolatos veszélyhelyzeti ismeretek összefoglalása [21, 22]

A következő esettanulmánnyal az előzőekben, elméletben ismertetett kockázatok kerülnek gyakorlati bemutatásra.

Klórgáz mérgezőképességének szemléltetése, Frankfurt, Németország, 2007. október 5. [23, 24]

A tárolt és szállított vegyszerek savak (salétromsav, kénsav, sósav), nátrium-hidroxid, a FeCl_3 , és nátrium-hipoklorit-oldat. A káreseményben érintett egység egy 30 m^3 osztérfogatú, 13 tartályból álló tárolóegységből áll. A baleset a létesítmény újjáépítésének ideje alatt történt, a töltőállomás és a szállítási szektor már megújult. 2007. október 5-én délelőtt 27 000 l tömény sósavoldatot szállító közúti tartálykocsi érkezett meg a helyszínre. Mintát vettek, és laboratóriumban azonosították. Eközben megkezdtek az érkezett tartály leeresztését, véletlenül a sósav oldatot a nátrium-hipoklorit tartályába szivattyúzták, a két anyag kémiai reakciója során klórgáz szabadult fel. A szelepet kezelő dolgozó észlelte a tévedést és rövidesen zárta a szelepeket, ennek következtében komoly klórgáz mérgezést szenvedett el. A segélyhívást 10:35 órakor adták le a mentésirányító központba.

A rendőrség lezárta az érintett területet, és a közszolgálati rádiócsatornákon keresztül figyelmeztette a balesetről a Frankfurt keleti részén lakókat. A tűzoltóság kimenekítette a kárterületen rekedt személyeket, majd egyéni védőeszközök használatával, vízpermettel hígította a klórfelhőt. 1000 m-es körzetben elzárkóztatást rendeltek el.

Az eset vizsgálatakor feltárt adatok szerint, körülbelül 1140 kg 31 tömeg% -os sósavoldatot szivattyúztak a nátrium-hipoklorit tartályba. A művelet során körülbelül 200 kg klórgáz szabadult fel. A képződött klórfelhő a telep infrastrukturális épületei és az utca felé haladt. Az üzem alkalmazottai a klórgáz rendkívül irritáló szaga és köhögésre ingerlő hatása miatt rövidesen elhagyták a területet.

A közeli lakóterületen néhány személy megsérült, a közvetlenül érintett munkás súlyos sérüléseket szenvedett, és még további 63 embert (a cégből 5 és a környékről 58) szállítottak kórházba. A műveletet végző munkás a balesetet követően, 4 hét múlva meghalt.

A balesetet emberi mulasztás eredményezte, de nem tehető felelőssé kizárólag az a munkavállaló, aki a sósavoldat átfejtését végezte.

A lejátszódó reakció egyenlete (egyszerűsítve) a következő:
$$\text{NaOCl} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$

Az alapos kivizsgálás során megállapították, hogy a baleset kialakulásához több körülmény is közrejátszott. A káresemény bekövetkezésének idején, a telephelyen felújítási tevékenységek zajlottak, ezért bizonyos elrendezések (a folyamatos üzem érdekében), ideiglenesen, nem a több év alatt kialakult rutin szerint kerültek kialakításra. Ezért a csőkapcsolatok, a szelepek elrendezése kevésbé logikus, nehezen átlátható volt. Másodsorban a tartályrendszerhez korábban alkalmazott, a nátrium-hipoklorit esetében speciális csatlakozás nem volt elérhető az ideiglenes kialakítások miatt. Emellett a több év alatt megszervezett biztonsági rutint, az átmeneti állapot miatt nem alkalmazták. A laboratórium elemezte a mintákat, a művelethez szükséges személyzet nehezebben volt elérhető, összefoglalva a cselekvések összehangoltsága, biztonsági oka nem volt elégséges.

További megdöbbentő tény, de a telephely nem tartozott a Seveso II. irányelv szabályozása alá (2007-ben érvényes szabályozó). Az irányelvben foglalt kritériumoknak nem kellett megfelelni, ilyen követelmény, például a veszélyelemzés, a kockázatértékelés, a szabályok változásának nyomon követése, védelmi tervezés.

Néhány elengedhetetlen intézkedést hoztak a hasonló esetek megakadályozása érdekében. A nátrium-hipoklorit töltéséhez megváltoztatták az adaptert, gyakorlatilag, egyértelmű különbség volt a savas, lúgos oldatok vezetékének csatlakozásai között. A töltés, a laboratóriumi elemzést követően lehet megkezdeni, addig zárva vannak a csatlakozások. Minden csatlakozást egyértelműen jelöltek. A nátrium-hipoklorit csövet pH-mérővel szerelték fel, így a lúgos oldat jelenlétét a magas pH-érték egyértelműen jelzi.

A nátrium-hipoklorit oldat kezelése jelentős kockázattal jár, erős savakkal (kénsav, sósav) történő összekeverése veszélyes mennyiségű klórt eredményezhet. Emberi hiba rövid időn belül, nagy sérülési eséllyel járó klórgáz kibocsátást eredményezhet, mivel kis koncentrációban is mérgező, az üzemek közelében lakókat is veszélyeztetheti. Miután Németországban számos hasonló káresemény következett be, javították, kiegészítették a vonatkozó jogi szabályozókat, külön rendszeresítették a hipoklorit oldatok kezelésére vonatkozó követelményeket.

A következő üzemi baleset elemzésével fő célom a metán tűzveszélyes tulajdonságának károkozó-képességét demonstrálni.

Utcai, föld alatti gázvezeték robbanása, Lyon (Rhône) Franciaország, 2008. február 28. [25]

A franciaországi Lyon 3. kerületében található a Part-Dieu üzleti negyed közelében történt az esemény. Az utcai, földalatti, polietilénből készült földgázelosztó csővezetéknel történt robbanás (paraméterei: 4 bar nyomás, 63 mm átmérőjű, a földfelszíntől 80 cm-re). 2003-ban ezt a földgázvezeték egy nagyobb átmérőjű (150 mm) szürke öntöttvas csővezeték belsejében helyezték az öntöttvas csövek fokozatos megszüntetésére irányuló program részeként.

2008. február 28-án, reggel 08:00-kor a baleset napján a vízbevezető csatlakozóinak cseréjét végezték, a csőhálózattal párhuzamosan, több közmű vezeték is a földalatti árokban helyezkedett el. A szerelési munkálatokat végző személyzet gázszagot észlelt, és 11:30-kor bejelentette a segélyhívó számon. A kivonuló elsődleges beavatkozók, rövid időn belül 11:46 órakor, lezárták területet, létrehozva ezzel a biztonsági zónát. A gázrobbanás 12:15 órakor következett be a Cours Lafayette 117-nél. A baleset következtében egy tűzoltó azonnal életét vesztette, 40 fő megsérült, köztük 14 tűzoltó, 5 rendőrtiszt és 2 gázanalizáló technikus. Az

érintett területekről mindösszesen 1000 embert kellett evakuálni. A robbanást követően a maradék gáz begyulladt. A francia eljárásrend értelmében, a területen alkalmazottak szerint ún. „vörös kód” (legmagasabb fokú) veszélyhelyzeti terv lépett érvénybe, az eset súlyossága miatt, ami mintegy 100 tűzoltó és több mint 300 rendőr mozgósítását jelentette.

A balesetben érintett gázelosztó-hálózatot leszakasztották (elkülönítették) és eltávolították a maradék gázt az elszigetelt rendszerből, délután 14:40 órakor. Az eset súlyosságát, és hatóságok helyzethez tanúsított szigorát jellemzi, hogy a baleset napján a helyszínre látogatott Franciaország belügyminisztere, és sajnálatát fejezte ki, az infrastruktúra telepítésének szabálytalanságaiból adódó szerencsétlenség miatt. Ezen kívül jelezte, hogy kivizsgálják az esetet, és szigorítani fogják a földalatti gázvezeték telepítésének feltételeit (már az előző ősszel, 2007-ben történtek hasonló események az országban).

Az a tűzoltó, aki a balesetben elhunyt, az esemény előtti pillanatokban, az adott helyszínhez közeli épület alagsorában végzett felderítést, próbálta meghatározni a gázszivárgás mértékét, amikor robbanásba került. Az események által közvetve vagy közvetlenül érintett sérültek száma meghaladta a 250-et.

A gáz beszivárgott a 117-es és a 119-es címen fekvő épületek pincéibe, és feljutott a földszinti emeletre. A kialakult metán-levegő, robbanóképes gázelegy egy elektromos szikra hatására berobbant.

Katasztrófaelhárítás, beavatkozási oldalról is megvizsgálták az esetet. Az elsődleges beavatkozás hatékony koordinációt igényel (rendőrség, tűzoltók, létesítmény üzemeltetők között). Fontos a veszélyelhárítási terv érvénybe léptetése a riasztáskor, a társhatóságokkal közös ellenőrző állomás felállítása a biztonsági zóna határán.

A közüzemi munkálatok (földalatti, infrastruktúrák) során alkalmas módszert kell választani egy olyan kockázatelemzés elvégzéséhez, amely figyelembe veszi a közüzemi hálózatok időszerű állapotát. Javítani kell az információáramlást, a kommunikációt a javítási műveletekben részt vevő különböző szakterületű szakembergárda között. A műszaki rajzoknak a lehető legpontosabbnak kell lenniük, és a veszélyes tulajdonságú folyadékok, gázok (pl. Gáz, túlhevített víz) jelenlétét érvényesen jelölni kell, valamint minden más hálózat (távközlés, villamos energia, szennyvíz stb.) jelenlétét tudatni kell a rajzokon keresztül a tevékenykedők felé. Biztosítani kell a csőhálózatnak és szerelvényeinek gyors azonosítását és lezárását, az elsődleges beavatkozók részére is.

A VESZÉLYES TULAJDONSÁGÚ, GÁZHALMAZÁLLAPOTÚ ANYAGOKKAL KAPCSOLATOS, TIPIKUS MUNKATERÜLETEK ÖSSZEFOGLALÁSA [7, 26-30]

Az ipari folyamatok jelentős része magukban foglalja a veszélyes anyagok, különösen a mérgező és tűzveszélyes gázok gyártását, szállítását, tárolását és felhasználását.

Elkerülhetetlenül előfordul, hogy időnként gázok kerülnek ki, amelyek potenciális veszélyt jelentenek az üzemre, alkalmazottaira és a közelben élő lakosságra. A mérgezési és a robbanási esetekből melyek rendszeresen, évről-évre, sokszor szezonálisan bekövetkeznek hazánkban, emlékeztetnek erre a problémára. Rendkívül jellegzetes, gázzal kapcsolatos, időszakos káresemények néhány példáját említem meg: fűtésszezonban a fosszilis energiahordozók felhasználása során minden évben okoz több halálos sérülést a szén-monoxid; a másik gyakori esemény, az őszi pincebalesetek a szén-dioxid mérgezések.

A következőkben néhány veszélyes tulajdonságú, gázhalmazállapotú anyag felhasználásával kapcsolatos, tipikus munkaterületet ismertetek.

Szénhidrogén bányászat a kőolaj-és földgázkitermelés, a szállítás és a tárolás tartozik ide. Az gázhalmazállapotú szénhidrogének nagyon robbanásveszélyesek, és gyakran vannak jelen kísérőanyagok, akár mérgező gázok, pld. hidrogén-szulfid. Előforduló gázok: különféle, tűzveszélyes szénhidrogén gázok (metán, etán, propán, bután); mérgező tulajdonságú hidrogén-

szulfid, szén-monoxid, kén-dioxid; és oxigénhiányos légkör is kialakulhat (egy ilyen esetet ismertettem a cikkem elején).

A vegyi üzemek számtalan terméket és nyersanyagot állítanak elő. A veszélyes üzemekben, létesítményekben felhasznált és gyártott vegyi anyagok sokfélesége jelentős veszélyt jelent a személyzetre és az eszközökre nézve. Nyersanyag tárolása, technológiai műveletek végző berendezések, laboratóriumok, szivattyú állomások, az anyagok töltése/ürítése.

A vízkezelés egy olyan iparág, amely számos folyamatot, technológiai lépést foglal magában, a tiszta víz előállítása és elosztása céljából. Előforduló gázok: különféle, tűzveszélyes szénhidrogén gázok (metán); mérgező tulajdonságú klór, ózon, hidrogén-szulfid, szén-dioxid, kén-dioxid; és oxigénhiányos légkör is kialakulhat. Vízkészítő létesítményt sok üzemben létesítettek, a vegyipari, gyógyszeripari, az acélipari és az élelmiszer-feldolgozási szektorokban.

Papírgyártás: ez a hatalmas iparág magában foglalja mind a mechanikai, mind a vegyi anyag gyártási módszereket, amelyek a fát különféle papíralapú termékekkel alakítják. A mérgező gázokat fehérítésre alkalmazzák, emellett a mechanikus pépesítéshez használt tüzelőanyagok, tűzveszélyes gázok is jelen vannak. Előforduló gázok: különféle, tűzveszélyes szénhidrogén gázok (metán); mérgező tulajdonságú klór, klór-dioxid, ózon, kén-dioxid; és oxigénhiányos légkör itt is kialakulhat.

Alagutak és parkolóhelyek is hordoznak kockázatot, hiszen a kipufogógáz egy parkolóban és alagútban könnyen mérgezést okozhat. Itt is elengedhetetlen az automata gázérzékelő telepítése, szén-monoxid, metán és szén-dioxid koncentrációjának nyomon követésére, valamint a szellőzőrendszerek szabályozásához.

Élelmiszeripari hűtés során az ammóniát alkalmazzák, miután olcsó, könnyű előállítani, szállítani és tárolni. Természetesen a mérgező, és/vagy robbanóképes ammónia-levegő elegy kialakulásának megakadályozása érdekében, az üzem teljes területén gázérzékelők elhelyezésével, védelmi tervezéssel meg lehet előzni a problémákat.

Érdekességként megemlítem, miszerint a félvezető gyártása is számos veszélyt hordoz magában, jelentős mennyiségű, sokféle veszélyes tulajdonságú anyag kerül felhasználásra. A foszfint, az arzént, a bór-trikloridot és a galliumot gyakran alkalmazzák a technológia során. A hidrogént reagensként, vagy redukáló tulajdonságú vivőgázként használják. Előforduló gázok: tűzveszélyes szénhidrogén gázok (hidrogén, propán, szilán és metán); mérgező tulajdonságú hidrogén-klorid, arzin, bór-triklorid, foszfin, szén-monoxid, hidrogén-fluorid, ózon, diklór-szilán, tetraetil-ortoszilikát, germán (GeH₄), ammónia és nitrogén-dioxid; és oxigénhiányos légkör itt is kialakulhat.

E cikk fő célja az iparban, mezőgazdaságban alkalmazott gázok felhasználása, tárolása, szállítása során bekövetkezett események bemutatása a rendelkezésre álló szakirodalmak alapján. Tény, hogy viszonylag kevés hazai káresemény került feldolgozásra, és még kevesebb publikálásra az elmúlt évtizedekben. Nyilvánvalóan a nagyobb hazai vegyipari és gyógyszeripari létesítmények minden káreseményt, üzemzavart, balesetet maradéktalanul kivizsgálják, hiszen a balesetmentes termelés a fő cél a folyamatos üzem biztosítása mellett.

A katasztrófavédelmi szempontokból bemutatott nemzetközi esettanulmányok közös tanulságaként megfogalmazható, hogy a gázhalmazállapotú anyagokkal való tevékenység rendkívüli körülményt igényel. Talán a hétköznapjainkban oly gyakran alkalmazott nitrogéngáz veszélyességét ecsetelő rész tudja leginkább meggyőzni a vegyiparban nem tevékenykedő olvasókat arról, hogy a kémiai folyamatokat az emberiség szolgálatába állítani komoly felelősséggel jár.

A vegyi anyagokkal kapcsolatos, viszonylag gyakori káreseményekre válaszul a biztonságpolitika modern szemlélete hívható segítségül melyek közül néhány, a szerző által e cikkhez szorosan kapcsolódó a következő: a veszélyt jelző mérhető paramétereket regisztrálni kell, a biztonsági intézkedések több szintűek legyenek, a vállalatok elhatározása az emberi egészség és környezet megóvására.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BJERKETVEDT, D.; BAKKE , J. K.; VAN WINGERDEN, K: *Gas Explosion Handbook*, Christian Michelsen Research's (CMR) research programme "Gas Safety Programme 1990-1992" (GSP90-92). The participants of the programme are: BP Norway Limited U.A., Bundesministerium für Forschung und Technologie, Conoco Norway Inc., Elf Petroleum Norge A/S, Esso Norge A/S, Gaz de France, Health and Safety Executive, Mobil Exploration Norway Inc., Norsk Hydro, Norwegian Petroleum Directorate, N.V. Nederlandse Gasunie, Phillips Petroleum Company Norway and Statoil
- [2] A.G. VENETSANOS, T. HULD, P. ADAMSC, J.G. BARTZIS: *Source, dispersion and combustion modelling of an accidental release of hydrogen in an urban environment*; Journal of Hazardous Materials A105 (2003) 1–25
- [3] BJERKETVEDT, D.; BAKKE , J. K.; VAN WINGERDEN, K: *Gas Explosion Handbook*, Journal of Hazardous Materials 52 (1997) 1 – 150; 03043894/97/1997 Elsevier Science B.V., PII SO304-3894(96)01793-1
- [4] Magyar Kémikusok Lapja, LXVIII. évfolyam, 1.szám, 2013. január; HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
- [5] Magyar Kémikusok Lapja, LXX. évfolyam, 1.szám, 2015. január; HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
- [6] Magyar Kémikusok Lapja, LXXII. évfolyam, 1.szám, 2017. január; HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
- [7] *Honeywell GasBook*, www.honeywell.com (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [8] *Health Hazards in Construction Workbook*, Construction Safety Council, 4100 Madison Street Hillside, IL 60162 (800) 552-7744 www.buildsafe.org, 2012 (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [9] MARK Z. JACOBSON: *Fundamentals of atmospheric modeling* www.cambridge.org/9780521839709, ISBN: 9780521548656 (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [10] *Oxygen: Health Effects and Regulatory Limits, Part I: Physiological and Toxicological Effects of Oxygen Deficiency and Enrichm*, © 2009 NorthWest Occupational Health & Safety, Neil McManus, CIH, ROH, CSP NorthWest Occupational Health & Safety, North Vancouver, British Columbia, Canada,
- [11] *Air Products and Chemicals, Inc.*, 2014 (36199), <http://investors.airproducts.com/phoenix.zhtml?c=92444&p=irol-reportsannual> (letöltve: 2017. 07. 15.)

- [12] *Health Hazards in Construction Workbook*, Construction Safety Council, 4100 Madison Street Hillside, IL 60162 (800) 552-7744 www.buildsafe.org, 2012, https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy09/sh.../health_hazards_workbook.pdf, letöltés ideje: 2017. június 15.
- [13] *OSHA Fatal Fact #25*; www.osha.gov, <http://msdshazcomonline.com/FatalFacts/facts25--Fire-explosion.pdf> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [14] *French Ministry of Sustainable Development - DGPR / SRT / BARPI No. 33637*
- [15] *U.S. Chemical Safety Board: CASE STUDY, Confined Space Entry - Worker and Would-be Rescuer Asphyxiated*, No. 2006-02-I-DE, <http://www.csb.gov/valero-refinery-asphyxiation-incident/> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [16] *Health Hazards in Construction Workbook*, Construction Safety Council, 4100 Madison Street Hillside, IL 60162 (800) 552-7744 www.buildsafe.org, 2012, https://www.osha.gov/dte/grant_materials/fy08/sh-17795-08/workzone_hazards_awareness_english.pdf (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [17] *French Ministry of the Environment - DPPR / SEI / BARPI No. 3485*, Sheet updated: October 2006
- [18] *Chemical accident in Senegal with ammonia anhydrous*, <http://www.factsonline.nl/free-example/11050/chemical-accident-in-senegal-with-ammonia-anhydrous>, <http://www.factsonline.nl/Facts/DownloadAccident/11050> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [19] *Water Quality and Health, Drinking Water Chlorination, A Review of Disinfection Practices and Issues*, <http://www.waterandhealth.org/drinkingwater/wp.html> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [20] SZENDI R., DOBOR J.: *Vegyí felderítés és mentesítés a veszélyes üzemek belső védelmi terveiben: belső védelmi tervekkel kapcsolatban felmerülő problémák*, HADTUDOMÁNYI SZEMLE 7:(1) pp. 1-12. (2014), HU ISSN 2060-0437
- [21] *Drinking Water Chlorination, A Review of Disinfection Practices and Issues Canadian Chlorine Coordinating Committee*; <http://www.cfour.org/wp-content/uploads/2012/03/Disinfection-Practices.pdf> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [22] *Environmental Protection Agency, Water Treatment Manual: Disinfection*, ISBN: 978-184095-421-0; http://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/disinfection2_web.pdf (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [23] *IMPEL - French Ministry for Sustainable Development - DGPR / SRT / BARPI – Regierungspräsidium Darmstadt No. 35830*, File last updated: March 2009
- [24] *European Union Risk Assessment Report : SODIUM HYPOCHLORITE*, CAS No: 7681-52-9, EINECS No: 231-668-3, Final report, November 2007, Italy, RISK ASSESSMENT, FINAL APPROVED VERSION, <https://echa.europa.eu/documents/10162/330fee6d-3220-4db1-add3-3df9bbc2e5e5> (letöltve: 2017. 07. 15.)
- [25] *French Ministry for Sustainable Development - DGPR / SRT / BARPI No. 34280*, File last updated : July 2013
- [26] The University Of Sydney, *SAFETY HEALTH & WELLBEING, WHS_CHE_GUI_1_Working with Gases*, WORKING WITH GASES

- [27] SZENDI R., DOBOR J.: *Veszélyes üzemek azonosítása és a kapcsolódó hatósági tevékenység(ek)*, HADMÉRNÖK 8:(3) pp. 125-131. (2013), ISSN 1788-1919
- [28] DOBOR J.: *The importance of the teaching of case studies of industrial accidents in the disaster management education*, ECOTERRA - Journal of Environmental Research and Protection, 2017, Volume 14, Issue 1, nyomtatott kiadvány ISSN 1584-7071, online ISSN 2248-3128; <http://www.ecoterra-online.ro/files/1496321269.pdf> (letöltve: 2017. 07. 15.)